પ્રસ્તાવના

આવૃત્તિ ૧

ગુજરાતી સાહિત્યમાં વિજ્ઞાનની માહિતી આપતાં પુસ્તકો ઓછાં છે, અને જે થોડાં લખાયાં છે તેનું વાચન એટલું ઓછું છે કે ગુજરાતી નાગરિકને વિજ્ઞાનનાં તથ્યો સમજવાની કે જાણવાની જિજ્ઞાસા હજુ થઈ નથી એમ જ કહી શકાય. મુંબઈ યુનિવર્સિટીએ ૧૯૩૭ થી વિજ્ઞાનના વિષયો પણ માતૃભાષામાં લખી શકાય એવી છૂટ મેટ્રિકના વિદ્યાર્થીઓને આપી છે અને વિજ્ઞાનનો અભ્યાસક્રમ પણ થોડો બદલ્યો છે. એ નવા અભ્યાસક્રમ પ્રમાણે જરૂરિયાત પૂરી પાડતું ગુજરાતી પાઠ્યપુસ્તક આજ સુધીમાં એક પણ ન હોવાથી મેં આ પુસ્તક લખવાનું કાર્ય છેક મોડું શરૂ કર્યું. પાઠ્યપુસ્તક લખવું એ સહેલું નથી. જેટલી વાર લખાણની વસ્તુ તપાસીએ તેટલી વાર અંદર ઘધારાવધારા કરવાનું નીકળ્યાં જ કરે છે. જૂન માસમાં વિદ્યાર્થીઓને ઉપયોગમાં આવે એટલા માટે મારે આ પુસ્તક ઘણી જ ઉતાવળથી છપાવવું પડ્યું છે. વળી પુસ્તક છપાતું હતું એ દરમિયાન બીજા અનેક વ્યવસાયો પણ આવી પડવાથી મેં ધારી હતી એટલી કાળજી હું રાખી શક્યો નથી, અને એટલા પૂરતું કેટલીક જોડણીની ભૂલો ઉપરાંત થોડી અક્ષમ્ય ભૂલો પણ રહી ગઈ છે. એમાંની કેટલીક ભૂલો મારા મિત્રોએ બતાવી છે, અને હજુ પણ બીજી હોય તે બતાવે એમ આશા રાખું છું. ખાસ કરીને જે અધ્યાપકો આ પુસ્તક તેમના વિદ્યાર્થી માટે ઉપયોગમાં લે, તેમને મારી વિનંતી છે કે આ પુસ્તકમાંની મહત્ત્વની ભૂલો જે શુદ્ધિપત્રમાં બતાવી છે તે અને એ ઉપરાંત બીજી કોઈ મળી આવે તે કાળજીપૂર્વક પહેલેથી જ સુધારી લેવી.

પારિભાષિક શબ્દો વાપરવામાં ઘણા વિદ્વાનોનો મત એવો છે કે બને ત્યાં સુધી સાદા શબ્દો વાપરી ભાષામાં સરળતા રાખવી અને ટેમ્પરેચર, થર્મોમિટર, સ્ક્રૂ, ટેલિફોન, વાલ્વ, પિસ્ટન એવા રૂઢ થયેલા શબ્દોને એમ ને એમ અપનાવી લેવા. વિજ્ઞાનની પ્રગતિ આંતરરાષ્ટ્રીય હોવાથી દરેક ભાષામાં નવી શોધનાં અને નવીન માહિતી આપતાં પુસ્તકો લખાતાં જાય છે. એટલા માટે બને ત્યાં સુધી દરેક ભાષામાં નવીન મૌલિક શબ્દો ન વાપરતાં અગત્યની ભાષાના શબ્દો

અપનાની લેનામા આવે છે એટના પરતુ બને ત્યા સુધી જે શબ્દો સાધારણ માણસો પણ અગ્રેજીમા સમજી શકે એમ હોય તેને માટે નવીન શબ્દો યોજવાની અથવા વાપરવાની મેં કાળજી રાખી નથી દરેક પારિભાષિક શબ્દોની સાથે તેના અંગ્રેજી પર્યાયો વાપર્યા છે એ થી ગુજરાતી ભાષાના કાચા જ્ઞાનવાળા માણસને પણ વાચવામા મુસીબત ન પડે

મને લાગે છે કે આ પુસ્તક મેટ્રિકના વિદ્યાર્થીઓની જરૂરિયાત મોટે ભાગે પૂરી પાડશે આ પુસ્તકને ભવિષ્યમા બને એટલુ સુધારવાની કાળજી રાખવાનો ઇરાદો છે, પરતુ એને માટે મારા એકલાના પ્રયત્નો ઓછા પડશે આથી આ પુસ્તકનો ઉપયોગ કરનાર દરેક શિક્ષક મિત્રને મારી વિનતી છે કે આ પુસ્તકની ભવિષ્યની આવૃત્તિ સુધારવામા ઉપયોગી દરેક સૂચના મોકલી આપે

આ પુસ્તકના પ્રકાશન માટે હું ત્રણ વ્યક્તિનો આભારી છુ શ્રી સુમન લાલ ન તનાની અને જાદવજી પીતામ્બર ઠક્કર એ બન્નેએ પુસ્તકને છપાવવામા જે ખત અને કાળજી રાખી છે તે ન હોત, તો હાલના સ્વરૂપમા પુસ્તક બહાર પાડી જ ન શકત મારા મિત્ર દયાળજી રામભાઈ નાયકે આ પુસ્તકનું વસ્તુ અને પ્રૂફ વાચી અનેક સુધારાવધારા કરવામા જે અમૂલ્ય મદદ આપી છે એ બદલ એમનો અત્યત ઋણી છુ

વેગામ,
(જિ સુરત)
૨૫ મી એપ્રિલ ૧૯૩૬

ય. ગુ. નાયક.

પ્રસ્તાવના

આવૃત્તિ ૪

ફરીથી એક વર્ષમા આ પુસ્તક નવે સ્વરૂપે બહાર પાડવાની ફરજ પડી છે, એનું કારણ પુસ્તકને અણધારેલો સત્કાર મળે છે તે જ છે પુસ્તકની દરેક આવૃત્તિને પ્રસ્તાવના હોવાને પ્રયોજન હોતું નથી, પરતુ આ પુસ્તકને એની જરૂર છે એનું મુખ્ય કારણ વૈજ્ઞાનિક ભાષાનુ લેખન અને વસ્તુનિરૂપણ અંગેનું જ છે દિવસો જાય છે તેમ વૈજ્ઞાનિક પરિભાષા રૂઢ સ્વરૂપ પકડતી

જાય છે. એ સ્વરૂપમાં પુસ્તકના કર્તાઓને માથે મોટી જવાબદારી હોય છે. એ જવાબદારીમાંથી હજી હું મુક્ત થયો છું એમ હું માનતો નથી. મને વૈજ્ઞાનિક ઘટના અને નિયમો સમજાવવામાં ક્યાં ખામી રહી ગઈ છે તે વધુ નિરિક્ષણ કરતાં જ માલૂમ પડે છે. આથી પદાર્થવિજ્ઞાનના ભાગમાં કેટલેક સ્થળે વધુ યોગ્ય વાક્યો અને કેટલીક જગાએ વધુ યોગ્ય શબ્દો મૂકવા પડ્યા છે. રસાયણના વિભાગમાં મને તેમજ ઘણા મિત્રોને અસંતોષ હતો. તે દૂર કરવા આ વખતે પ્રથમ ચાર પાંચ પ્રકરણો ફરી લખ્યાં છે, અને એ વિભાગની સર્વે આકૃતિઓ બદલી નાંખી છે. મને લાગે છે કે હવે એ ભાગની મહત્ત્વની ઉણપો દૂર થઈ છે. એટલે હવે ભવિષ્યમાં આ પુસ્તકમાં મહત્ત્વના ફેરફારને અવકાશ રહેતો નથી. આ સુધારવામાં મારા એક વિદ્વાન મિત્ર અને પ્રોફેસરે જે માર્ગદર્શન કર્યું છે તેનો આભાર માનવાની તક લઉં છું.

ગુજરાતી ભાષાની જોડણી એ આજ સુધી ગૌણ ભાગ ભજવતી હતી. જોડણીની ભૂલો હવે તો અક્ષમ્ય જ ગણાવી જોઈએ. જોડણી સુધારણાનું કાર્ય મારે માટે ભગિરથ પ્રયત્ન જેવું હતું, પરંતુ મારા મિત્ર શ્રી. શંકરદત્ત શાસ્ત્રીએ (ગુજરાત વિદ્યાપીઠ) જે તત્પરતાથી મિત્રભાવે આ પુસ્તકની જોડણીની અને બીજી વાક્યરચનાને અંગેની ભૂલો સુધારી આપી છે તેને માટે ખરેખર એમનો જેટલો આભાર માનું તેટલો ઓછો છે.

આવૃત્તિ ત્રીજી વખતે પુસ્તકની સુધારણા અને બીજી મદદ માટે શ્રી. રમેશચંદ્ર ગુલાબભાઈ નાયક (ઈસ્માઈલ કૉલેજ અંધેરી) અને બીજા એક અંગત મિત્રે જે મદદ કરી છે તેમનો ફરીથી આભાર માનવાની તક લઉં છું. એ સિવાય કેટલાક મિત્રોએ જે સૂચનો કરી પુસ્તક સુધારવામાં જે મદદ કરી છે તેને માટે તેમનો પણ આભાર માનું છું.

આ પુસ્તકને વેળાસર તૈયાર કરવામાં મુંબઈ વૈભવ પ્રેસના અધિકારીઓ અને સર્વ કાર્યકારોએ જે ત્વરાથી અને ખંતથી આ કામ કર્યું છે તે માટે તેમનો પણ હું અંતઃકરણપૂર્વક આભાર માનું છું.

ગુજરાત કૉલેજ,
એમ. આર. સાયન્સ
ઈન્સ્ટિટ્યુટ,
અમદાવાદ.
તા. ૧૦-૬-૪૦

ચ. ગુ. નાયક

રસાયણ



પદાર્થવિજ્ઞાન

પ્રકરણ ૧

નિયમ અને લંબાઈનાં માપ

૧. વિજ્ઞાન એટલે શું? જગતની અંદર દેખાતી અથવા અનુભવમાં આવતી વસ્તુમાં અનેક જાતના પરિવર્તનના ક્રમ ચાલ્યા કરે છે. એ સર્વની પાછળ કયાં બળો પ્રવર્તી રહેલાં છે અને એ ક્રમ કયા નિયમોને આધારે ચાલે છે, એનો અભ્યાસ વિજ્ઞાન કરે છે. ટૂંકમાં, વિજ્ઞાન એટલે વિશ્વના ક્રમની પાછળ રહેલાં સત્યની શોધ.

૨. પદાર્થવિજ્ઞાન. વિશ્વની અંદર રહેલાં જુદાંજુદાં તત્ત્વોમાં અને વસ્તુઓમાં અમુક જાતના નિયમોને અનુસરીને ફેરફાર થાય છે. આ ફેરફારો અનેક જાતના હોય છે. વનસ્પતિ કેમ ઊગે છે, ક્યારે ઊગે છે, કેવી રીતે ઊગે છે, એની રચના કેવી હોય છે, વગેરે જાતના અભ્યાસનો એક વિભાગ કરવામાં આવ્યો છે. ધાતુ, ક્ષારો, પાણી, હવા વગેરેનાં બંધારણ અને બે રસાયણની અરસપરસ ક્રિયાની શી અસર થાય છે તેના અભ્યાસનો એક બીજો વિભાગ પાડવામાં આવ્યો છે. વનસ્પતિના અભ્યાસને વનસ્પતિશાસ્ત્ર કહેવામાં આવે છે. ધાતુ અને રસાયણના અભ્યાસને રસાયણશાસ્ત્ર કહેવામાં આવે છે. એ જ રીતે પદાર્થવિજ્ઞાન પણ ભૌતિક બળોનો અને જડ દ્રવ્યના અમુક જાતના ફેરફારોનો, ગુણધર્મોનો અને કાર્યકારણોનો અભ્યાસ કરે છે. વીજળીથી ટ્રામ, પંખા અને દીવા કેમ ચાલે છે, ઘડિયાળનાં લોલકો કેવી રીતે સમયનું માપ રાખે છે, ઘણા મોટાં વજનવાળી સ્ટીમરો પાણી

ઉપર શાથી તરે છે, વિમાન હવામાં કયા બળને આધારે ઊડે છે, પાણીનું બરફ કેમ બને છે, ગ્રામોફોનમાંથી અવાજ કેમ નીકળે છે, ચશ્મા વડે નબળી આંખવાળા શાથી સારું જોઈ શકે છે, વગેરે અનેક પ્રશ્નોના જવાબ પદાર્થવિજ્ઞાન આપે છે. આમ છતાં પદાર્થવિજ્ઞાનને બીજા વિભાગોથી તદ્દન ભિન્ન ગણી શકાતું નથી. કારણ કે વિજ્ઞાનના પ્રત્યેક વિભાગને એકબીજા સાથે ઓછોવત્તો સંબંધ હોય છે. ટૂંકમાં, પદાર્થવિજ્ઞાન નીચેના વિભાગોનો અભ્યાસ કરે છે:

(૧) દ્રવ્યના સામાન્ય ગુણધર્મો (Properties of Matter),

(૨) ઉષ્ણતા (Heat),

(૩) પ્રકાશ (Light),

(૪) ધ્વનિ (Sound),

(૫) ચુંબકત્વ (Magnetism); અને

(૬) વિદ્યુત (Electricity).

૩. **નિયમો (Laws).** ઉપરના વિભાગોનો ક્રમવાર અભ્યાસ કરતાં માલૂમ પડે છે કે દરેક જાતની ઘટનામાં અથવા ફેરફારોમાં અમુક જાતનો નિયમ રહેલો હોય છે. દાખલા તરીકે, પાણીને શૂન્ય ડીગ્રી (સેંટીગ્રેડ) સુધી ઠંડું કરીએ તો તેનું બરફ થવા લાગે છે. આ પ્રયોગ પૃથ્વીના કોઈ પણ ભાગ ઉપર કરીએ તો પણ એ જ પરિણામ માલૂમ પડે છે. આ ઉપરથી આપણે એક નિયમ ઘડી શકીએ કે શૂન્ય ડીગ્રીએ પાણીનું બરફ થવા લાગે છે. આ રીતે અનેક જાતના નિયમોની તારવણી કરીએ તો એ નિયમો વડે આપણે અમુક જાતની ક્રિયાનું અમુક જ પરિણામ આવશે

એમ નક્કી કરી શકીએ છીએ. કાર્ય અને કારણ (cause and effect) નો એકબીજા ઉપરનો આધાર તેને નિયમ કહેવામાં આવે છે.

૪. નિયમ અને માપ (**Laws and Measurements**). દરેક નિયમ ઘડવામાં હંમેશાં અમુક જાતનાં માપ કાઢવાં પડે છે. મોટરની ગતિ શોધવી હોય, ગાડીના એંજિનની કાર્યશક્તિ (power) જાણવી હોય, એક વસ્તુનું કદ જાણવું હોય તો એ સર્વ ગણતરીમાં અમુક પ્રકારે માપ કાઢવાં પડે છે. એ સર્વ જાતનાં માપોમાં સરળતા આવે તેટલા માટે ગતિ, શક્તિ, કદ વગેરે અનેક જાતની રાશિ(quantity)નાં માપ માટે જુદાજુદા એકમો (units) લેવા પરવડે તેમ નથી. એ સર્વ રાશિનાં માપ માત્ર ત્રણ જાતના એકમો (units) વડે કાઢી શકાય છે. વજન (દ્રવ્યમાન) (Mass), લંબાઈ (Length) અને સમય (Time) એ ત્રણને મૂળ રાશિ (fundamental quantities) ગણવામાં આવ્યાં છે અને તેમના એકમો મૂળ એકમો (fundamental units) કહેવાય છે. એ ત્રણ એકમો વડે ઘણાખરાં બીજાં માપો કાઢી શકાય છે.

[લંબાઈ, દ્રવ્યમાન અને સમય એ ત્રણ મૂળ એકમોનાં માપ બે પદ્ધતિમાં નક્કી કરેલાં છે. એક બ્રિટીશ પદ્ધતિ છે અને બીજી મેટ્રિક અથવા દશાંશ પદ્ધતિ છે. બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં લંબાઈનો એકમ વાર છે, દ્રવ્યમાન (વજન) નો એકમ પાઉંડ (રતલ) છે અને સમયનો એકમ સેકંડ છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં લંબાઈનો એકમ મિટર છે, દ્રવ્યમાન (વજન) નો એકમ ગ્રામ છે અને સમયનો એકમ સેકંડ છે. આ પ્રમાણે વાર, પાઉંડ અને સેકંડ તથાં મિટર, ગ્રામ અને સેકંડ એ મૂળ એકમો (fundamental units) છે. ગતિ, કદ, શક્તિ, કાર્ય વગેરેના માપ કાઢવા માટે જે એકમો વપરાય છે તેને સાધિત એકમો (derived units) કહેવામાં આવે છે.

દાખલા તરીકે એક વસ્તુનું કદ સો ઘન સેંટીમિટર છે એમ કહેવામાં આવે છે. કદનું માપ કાઢવામાં લંબાઈ, ઊંચાઈ અને પહોળાઈનાં માપ

સેંટીમિટરમાં કાઢવામાં આવે છે અને એ ત્રણેને ગુણતાં કદનું માપ ઘન સેંટીમિટરમાં નીકળે છે. એક ગાડીની ગતિ માપવી હોય તેા આપણને બે મૂળ એકમનેા આધાર લેવેા પડશે. એક કલાકમાં ગાડી જેટલું અંતર કાપે તેને ગતિ કહેવામાં આવે છે; એટલે લંબાઈ અને વખત એ બે મૂળ એકમેા વડે ગતિ મપાય છે. ટૂંકમાં, પદાર્થવિજ્ઞાનમાં આવતી કેાઈપણ રાશિ (quantity) નું માપ દ્રવ્યમાન (Mass), લબાઈ (Length) અને સમય (Time) ના મૂળ એકમ વડે કાઢી શકાય છે. બળ, વેગ, શક્તિ, ઘનતા, વગેરે વડે વસ્તુના ગુણધર્મો જાણી શકાય છે એટલે એ પ્રત્યેકને ભૌતિક રાશિ (physical quantity) કહેવામાં આવે છે અને તેમના એકમેાને સાધિત એકમેા (derived units) કહેવામા આવે છે.]

૫. લંબાઈના એકમેા (**Units of Length**). કેાઈ પણ વસ્તુના એક છેડાથી બીજા છેડાના અંતરને તેની લંબાઈ કહેવામાં આવે છે. એ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે લંબાઈ હંમેશાં ઘન વસ્તુને (solids) જ હેાય છે. નિયત (fixed) આકાર ન હેાવાથી પ્રવાહી અથવા વાયુને લંબાઈ હેાતી નથી. જૂના કાળમાં વસ્તુની લંબાઈ માપવા માટે લેાકેા જુદીજુદી રીતનેા ઉપયેાગ કરતા. હજી પણ કેાઈ દુકાને કાપડ ખરીદતી વખતે લેાકેા હાથ વડે તેનું માપ લે છે. આ પ્રથા ચેાક્કસ માપ કાઢવા માટે ઉપયેાગી હેાતી નથી, કારણ કે બધા માણસના હાથની લંબાઈ એકસરખી હેાતી નથી. આથી જો અમુક અંતર મુકરર કરી તેના વડે જ લંબાઈનાં બીજાં દરેક માપ લેવામાં આવે તેા ગેાટાળેા થવાનેા સંભવ ન રહે. આ રીતે લંબાઈનાં માપ લેવા નિયત (fixed) કરેલાં અંતરને લંબાઈનેા એકમ (unit) કહેવામાં આવે છે. અમુક લંબાઈનું માપ આવા એકમ અને આંકડા (અમુક સંખ્યા) વડે દર્શાવી શકાશે છે. એક વસ્તુની લંબાઈમાં મુકરર કરેલેા એકમ કેટલી વાર સમાય છે તે આંકડા વડે દર્શાવાય છે. અમુક વસ્તુની લંબાઈ ૬ ફૂટ છે

એમ કહીએ તો તેમાં ૬ આંકડો (સંખ્યા) છે અને ફૂટ લંબાઈનો એકમ છે.

હાલમાં જુદાંજુદાં માપ કાઢવા માટે બે પદ્ધતિ ચાલુ છે: એક બ્રિટીશ અને બીજી દશાંશ (મેટ્રિક). બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં લંબાઈનો એકમ (unit) યાર્ડ (વાર) છે. લંડનના બોર્ડ ઑફ્ ટ્રેડની કચેરીમાં રાખેલા પ્લેટિનમના સળિયા ઉપર શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ ટેમ્પરેચરે બે મુકરર કરેલાં બિંદુ વચ્ચેનાં અંતરને યાર્ડ કહેવામાં આવે છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં પેરિસના મ્યુઝિયમમાં રાખેલા પ્લેટિનમના સળિયા ઉપર કરેલાં બે બિંદુ વચ્ચે શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ જે અંતર હોય છે તેને લંબાઈનો એકમ ગણવામાં આવે છે અને તેને મિટર (metre) કહેવામાં આવે.

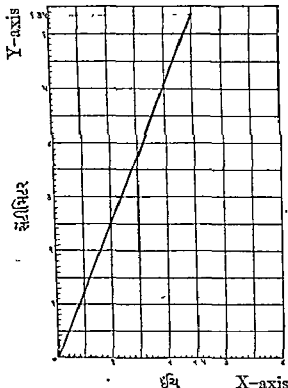
યાર્ડનો એકમ પહેલા હેનરી રાજાના હાથની લંબાઈ ઉપરથી મુકરર કર્યો હોવાનું મનાય છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં પેરિસથી પસાર થતી મેરીડિયન (અક્ષાંશ) ના વિષુવવૃત્તથી ઉત્તર ધ્રુવ સુધીના અંતરને માપી, તેના ૧,૦૦,૦૦,૦૦૦ સરખા ભાગ કરીને, તેમાંના એક ભાગની લંબાઈને મિટર તરીકે લેખવામાં આવ્યો છે. પાછળથી માલૂમ પડ્યું છે કે વિષુવવૃત્તથી ધ્રુવના અંતરનું માપ બહુ ચોક્કસ ન હતું, છતાં હવે પેરિસમાં રાખેલો નમૂનો જ એકમ તરીકે લેવાય છે.

લંબાઈનાં બહુ મોટાં અથવા બહુ નાનાં માપ કાઢવા યાર્ડ અથવા મિટર ઉપયોગમાં ન આવી શકે; દા. ત. મુંબઈથી અમદાવાદનું અંતર માપવું હોય અગર એકાદ પતરાંની જાડાઈ માપવી હોય તો ઉપરના એકમો સગવડપડતા હોતા નથી. એટલા માટે ઉપરના એકમ (યાર્ડ અને મિટર)નો આધાર લઈ બીજા નાનામોટા એકમો બનાવવામાં આવ્યા છે. તે સઘળા નીચેના કોષ્ટકમાં બતાવ્યા છે.

ઇંચ અને સેંટીમિટરનો સંબંધ

૧ ઈંચ = ૨.૫૪ સેંટીમિટર	૧ સેંટીમિટર	= ૦.૩૯૩૭	ઈંચ
૧ ફૂટ = ૩૦.૪૮ મિટર	૧ મિટર	= ૧.૦૯૪	યાર્ડ
	૧ કિલોમિટર	= ૦.૬૨૧૪	માઈલ

આકૃતિ ૧.



ઈંચ અને સેંટીમિટરનો સંબંધ દર્શાવતો આફ

પ્રયોગ:—એક આફ પેપર લઈ તેની X-axis ઉપર ઈંચનાં માપ નોંધો અને Y-axis ઉપર સેંટીમિટરનાં માપ નોંધો. નાનીમોટી લીટીની લંબાઈ ઈંચ અને સેંટીમિટરમાં માપો. પછી એ લંબાઈનાં માપ ઉપરથી ગ્રાફ દોરો (આકૃતિ ૧). એ ગ્રાફ ઉપરથી અમુક ઈંચની લંબાઈનું માપ સેંટીમિટરમાં શોધી કાઢો.

બ્રિટીશ પદ્ધતિ

૧ ફૂટ (ફૂ.) = $\frac{1}{3}$ યાર્ડ (યા)　　૧ ફર્લાંગ = ૨૨૦ યાર્ડ
૧ ઈંચ (ઈં.) = $\frac{1}{36}$ યાર્ડ (વાર)　　૧ માઈલ (મા.) = ૧૭૬૦ યાર્ડ

દશાંશ પદ્ધતિ

૧ ડેસીમિટર (ડેસીમિ.)	=	$\frac{૧}{૧૦}$	મિટર (મિ.)
૧ સેંટીમિટર (સેમિ.)	=	$\frac{૧}{૧૦૦}$	મિટર
૧ મિલીમિટર (મિમિ.)	=	$\frac{૧}{૧૦૦૦}$	મિટર
૧ ડેકામિટર (ડેકા મિ.)	=	૧૦	મિટર
૧ હેક્ટોમિટર (હેમિ.)	=	૧૦૦	મિટર
૧ કિલોમિટર (કિમિ.)	=	૧૦૦૦	મિટર

(ઉપરનાં કોષ્ટકમાં કૌંસમાં માપનું ટૂંકું રૂપ લખવામાં આવ્યું છે.)

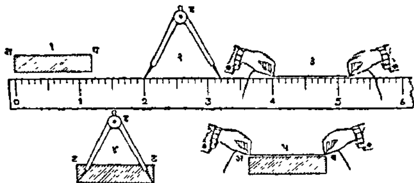
૬. લંબાઈ માપવાનાં સાધન. લંબાઈ માપવા માટે ઘણુંખરું લાકડાંની માપપટી વપરાય છે. તેની એક બાજુ ઇંચિના અને $\frac{૧}{૧૦}$ ઇંચિના અને બીજી બાજુ સેંટીમિટર અને મિલીમિટરના આંક પાડેલા હોય છે. દુકાનોમાં એક યાર્ડ (વાર) ની લંબાઈના ધાતુના સળિયા વપરાય છે. જમીન માપવા માટે સાધારણ રીતે કપડાંની લાંબી પટીનો ઉપયોગ થાય છે. એ કપડાંની પટી ઉપર ફૂટ અને ઇંચિના આંકો પાડેલા હોય છે.

૭. સીધી લીટીનું માપ. જો સીધી વસ્તુની લંબાઈ માપવી હોય તો તેનું માપ નીચેના પ્રયોગો વડે નીકળી શકશે.

પ્રયોગોઃ—(૧) ત થ વસ્તુના બન્ને છેડાને જોડનારી સીધી લીટીમાં ફૂટપટી રાખો. પછી ફૂટપટી ઉપર બન્ને છેડા આગળ આવતા આંકડા વાંચો. મોટા આંકડામાંથી નાનો આંકડો બાદ કરો તો વસ્તુની લંબાઈ મળે છે. (જો પહેલો છેડો ફૂટપટીના શૂન્ય આંકડા પર હોય, તો બીજા છેડા પર આવતો આંકડો વસ્તુની લંબાઈ દર્શાવશે). અહીં એક વાત એ ધ્યાનમાં લેવાની છે કે જ્યારે ફૂટપટી પરનો આંકડો જોવો હોય ત્યારે વસ્તુના છેડા ઉપર શિરોલંબ (vertical) દૃષ્ટિ રાખવી.

(૨) આ રીતમાં ડિવાઇડરનો ઉપયોગ થાય છે. પહેલાં ડિવાઇડર દ ના એક છેડાને ઘ પર રાખી બીજો ઙ પર આવે એટલો તેને પહોળો કરો

આકૃતિ ૨.



લંબાઈ માપવાની જુદી જુદી રીતો

(આકૃતિ ૨–૪.). ત્યાર પછી ડિવાઈડરને ट ठ પરથી ઉઠાવી લઈ ફૂટપટી ઉપર મૂકવાથી તેની લંબાઈ મળે છે (આકૃતિ ૨–૨).

(૩) ઘણીખરી વખત ફૂટપટીને વસ્તુ ઉપર મૂકવાનું અગવડ ભરેલું થઈ પડે છે, ત્યારે લંબાઈ માપવા દોરીનો ઉપયોગ કરવો પડે છે. એવી વસ્તુની લંબાઈ નીચે પ્રમાણે માપો. ડાબા હાથના અંગૂઠા અને પહેલી આંગળી વડે એકાદ બારીક દોરીને પકડો. દોરીના પકડેલાં બિંદુને अ આગળ રાખો (આકૃતિ ૨–૫). ત્યાર બાદ દોરીને व તરફ લંબાવો. જ્યાં व છેડો આવે ત્યાં દોરીને હાથ વડે પકડીને ઉઠાવી લો. પછી આકૃતિ (૨–૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એ હાથ વડે પકડેલા ભાગની દોરીને ફૂટપટી પર લંબાવીને વસ્તુની લંબાઈ શોધી કાઢો.

૮. વાંકવાળી વસ્તુની લંબાઈનું માપ.

આકૃતિ ૩.



વાંકી લીટીની લંબાઈ માપવાની રીત

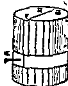
જો વસ્તુ વાંકવાળી હોય તો તેની ઉપર ફૂટપટી મૂકવાથી કે ડિવાઇડરની મદદથી લંબાઈ મળશે નહિ, પરંતુ તેને માટે પણ ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ દોરીનો ઉપયોગ કરવો પડશે.

પ્રયોગઃ—પહેલાં દોરીને એક હાથે પકડીને વસ્તુના છેડાના બંને બિંદુ પૈકી ડાબા તરફના બિંદુ પર એક છેડો રાખો (આકૃતિ ૩). પછી હાથમાંથી દોરી સેરવો અને જ્યારે વસ્તુનો બીજો છેડો આવે ત્યાં દોરીને પકડી ઉઠાવી લો. એ દોરીના ભાગને ફૂટપટી પર મૂકી તેની લંબાઈ માપો. એ રીતે વાંકવાળી વસ્તુની લંબાઈનું માપ નીકળે છે. જો વાંકી લીટીનું માપ કાઢવું હોય તો દોરીને વાંકી લીટી ઉપર રહે તેમ લંબાવો અને બન્ને છેડાને પકડી તેની લંબાઈ શોધી કાઢો.

૯. નળી અને ગોળાના પરિઘ (Circumference) અને વ્યાસ (Diameter) નો સંબંધ. પ્રયોગઃ—(૧) કોઈ નળીના પરિઘનું માપ કાઢવું હોય તો ઉપર બતાવ્યા મુજબ દોરીનો ઉપયોગ કરો. નળીની વર્તુલ સપાટી (પરિઘ) પર દોરીનો એક આંટો મારો અને જ્યાં આગળ આંટો પૂરો થાય ત્યાં મળે તે દોરીનાં બંને બિંદુ પર નિશાની કરો. પછી દોરીને લાંબી કરી બંને બિંદુ વચ્ચેનું અંતર ફૂટપટીથી માપો. આ પ્રમાણે નળીના પરિઘ (circumference) નું માપ નીકળશે. આ રીતમાં ધ્યાન રાખવાની વાત એટલી જ છે કે દોરીનો આંટો નળીની ધરી (axis) ની લંબ (perpendicular) સપાટીમાં હોવો જોઈએ નહિતર લંબાઈ વધુ આવશે. (આ રીતનો ઉપયોગ કરી ગોળાના પરિઘનું ચોક્કસ માપ કાઢવું મુશ્કેલ છે).

(૨) નળી અને ગોળાના પરિઘ માપવા માટે એક બીજી પણ રીત છે. પ્રથમ નળાકારને એક કાગળમાં ચુસ્ત વીંટાળો. એ કાગળના ભાગ પર એકાદ જગ્યાએ ટાંકણી ક વડે કાણું પાડો (આકૃતિ ૪). ત્યાર બાદ કાગળને ઉકેલી લઈ બે લગોલગ કાણાં અ અને ઘ વચ્ચેનું અંતર માપો. આ પ્રમાણે પરિઘનું માપ નીકળશે.

આકૃતિ ૪.



નળાકારનો વ્યાસ માપવાની રીત

(૩) નીચે બતાવ્યા પૈકી એકાદ રીતે ગોળા કે નળીના વ્યાસની (diameter) લંબાઈ કાઢો અને પછી તેના પરથી નીચેના સમીકરણથી પરિઘનું માપ શોધી કાઢો.

પરિઘ = π × વ્યાસ, (π = ૩·૧૪ અથવા $\frac{૨૨}{૭}$)

circumference = π × diameter.

(અ) જો નળી ઘન હોય તો તે નળીનાં છેદ ઉપર મધ્યબિંદુ મ આગળ નિશાની કરી તેમાંથી રમલ એક આખી લીટી દોરવી (આકૃતિ ૪). એ લીટીની લંબાઈ વ્યાસનુ માપ આપશે.

(બ) વ્યાસ માપવા માટે કૅલીપર્સ નામનું સાધન વપરાય છે (આકૃતિ ૫). તેના વ બાજુના ભાગથી નળીની અંદરનો વ્યાસ માપી શકાય છે, જ્યારે અ બાજુથી બહારનો વ્યાસ માપી શકાય છે. બહારનો વ્યાસ માપવા માટે પ્રથમ અ ભાગને બને તેટલો પહોળો કરો. પછી નળીને તેની વચ્ચે મૂકો અને અ આગળના છેડાને દબાવો. અ ના બન્ને છેડા નળીને અડકશે ત્યારે એ વધુ દબાશે નહિ. અ ના બન્ને છેડાની વચ્ચે નળી બરાબર બંધ બેસતી આવે છે કે નહિ તેની ખાતરી કરવા નળીને આગળ પાછળ ખસેડો. આમ કરવાથી અ ના બન્ને છેડાંની વચ્ચે જે અંતર આવે તેને માપવા માટે કૅલીપર્સના બન્ને છેડાને જેમ ને તેમ રાખીને ફૂટપટી ઉપર મૂકો અને એ બે છેડાનું અંતર માપો. આ પ્રમાણે બહારના વ્યાસનું માપ મળે છે.

આકૃતિ ૫.



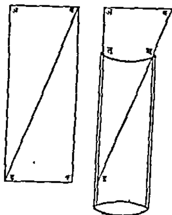
કૅલીપર્સ

અંદરનો વ્યાસ માપવા માટે કૅલીપર્સના વ ભાગને પ્રથમ નળીમાં દાખલ કરી તેને બને એટલો પહોળો કરો (આકૃતિ ૫). પછી તેને બહાર કાઢી લઈ ફૂટપટી વડે એ અંતર માપો. આ પ્રમાણે અંદરના વ્યાસની લંબાઈ મળે છે.

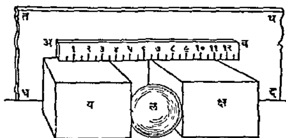
(क) જો કેલીપર્સ ન મળે તો ત્રિકોણુ વડે પણુ અંદરના વ્યાસની લંબાઈ મળી શકે છે. આકૃતિ (૬, ૧) માં બતાવ્યો છે તેવો એક કાગળનો લંબચોરસ કટકો अ व क ड લો. તેને કર્ણ व ड ઉપર કાપો અને अ व ड ત્રિકોણુ તૈયાર કરો. હવે જે નળીનો અંદરનો વ્યાસ માપવો હોય તેમાં ड છેડાને દાખલ કરી ત્રિકોણુને આપોઆપ અંદર જવા દો. જ્યારે ત્રિકોણુની अ ड અને व ड બન્ને બાજુ એકીસાથે નળીને અડકશે ત્યારે તે અંદર જતું અટકી જશે (આકૃતિ ૬,૨). જે જે બિન્દુ આગળ व ड અને अ ड બાજુ નળી અડકે છે (त અને थ) ત્યાં નિશાની કરો પછી ત્રિકોણુને બહાર કાઢી ફૂટપટી વડે त थ અંતર માપી વ્યાસની લંબાઈ માપો.

આકૃતિ ૬.

(૧) (૨)



આકૃતિ ૭.



ગોળાના વ્યાસનું માપ

(ड) બહારનો વ્યાસ માપવા માટે નીચેની રીત વાપરો. આકૃતિ (૭) માં अ व એક ફૂટપટી છે. તેની પાછળ રહેલાં પાટિયાં त थ द प ને અડીને રહે એવા क्ष અને य એ લંબચોરસ ઘન લો. ગોળા ल નો વ્યાસ માપવા માટે તેને એ બન્ને ઘનની વચ્ચે મૂકી બન્નેને એકબીજા તરફ ખસેડો. જ્યારે તે ઘનો ગોળાને અડકે ત્યારે ફૂટપટી (अ व) વડે બન્ને ઘનોનું અંતર જુઓ. આ પ્રમાણે વ્યાસની લંબાઈનું માપ નીકળે છે.

(૬) તાર અગર દોરીનો વ્યાસ નીચે પ્રમાણે માપો એક ફૂટપટ્ટી ઉપર થોડા અંતરે અ અને ब બે બિંદુ લો (આકૃતિ ૮) હવે તાર કે દોરીને અ આગળથી ફૂટપટ્ટી ઉપર થોડા અંતરે એવી રીતે વીંટાળો કે જેથી દરેક આંટો આજુબાજુના આંટાને અડીને રહે ब સુધી આંટા વીંટાળી કેટલા આંટા થયા તે ગણો હવે અ ब અંતરને આંટાની સંખ્યાએ ભાગી તાર કે દોરીના વ્યાસનું માપ કાઢો તારના વ્યાસ માપવા માટે માઈક્રોમિટર સ્ક્રૂ નામનું સાધન પણ વપરાય છે તેનાથી દોરા જેવી પોચી વસ્તુનો વ્યાસ મપાતો નથી

આકૃતિ ૮



દોરીનો વ્યાસ માપવાની રીત

૧૦. ક્ષેત્રફળ (Area) અને તેનુ માપ. આપણે ઘર ભાડે રાખીએ ત્યારે તેના ઓરડાની લબાઈ અને પહોળાઈ બન્ને લક્ષમા લઈએ છીએ, કારણ કે ઓરડાના તળમા કેટલી જગા છે તે આ બે માપ લઈએ ત્યારે જ ખબર પડે છે ઓરડાની અંદરના તળિયાની જગાના વિસ્તારને તેનુ ક્ષેત્રફળ કહેવાય છે. ક્ષેત્રફળ લબાઈ અને પહોળાઈના ગુણાકારથી મળે છે જો કોઈ સપાટીનું ક્ષેત્રફળ શોધવુ હોય તો તે માપવા માટે તેના એકમની જરૂર પડશે એ એકમને લબાઈના એકમ પરથી નક્કી કરવામા આવ્યો છે બ્રિટીશ પદ્ધતિમા એક ફૂટ લાબા અને એક ફૂટ પહોળા ચોરસના ક્ષેત્રફળને એકમ તરીકે લેવામા આવ્યો છે અને તેનુ મૂલ્ય એક ચોરસ ફૂટ (ચો ફૂ) છે દશાંશ પદ્ધતિમા એક ચોરસ સેંટીમિટર (ચો સેંમિ) ને એકમ તરીકે ગણવામા આવ્યો છે, અને તે એક સેંટીમિટર લાબા અને એક સેંટીમિટર પહોળા ચોરસના ક્ષેત્રફળની બરાબર છે

૧ ચોરસ યાર્ડ = ૯ ચોરસ ફૂટ. (ચો. ફૂ.)
૧ ચોરસ ઈંચ = $\frac{૧}{૧૪૪}$ ચોરસ ફૂટ. (ચો. ફૂ.)
૧ ચોરસ મિટર = ૧૦૦૦૦ ચોરસ સેંટીમિટર. (ચો. સેંમિ.)
૧ ચોરસ મિલીમિટર = $\frac{૧}{૧૦૦}$ ચોરસ સેંટીમિટર. (ચો. સેંમિ.)

જો કોઈ ચોરસ કે લંબચોરસ સપાટીનું ક્ષેત્રફળ શોધવું હોય તો તેની લંબાઈ અને પહોળાઈ માપી બંનેનો ગુણાકાર કરવાથી તેનું ક્ષેત્રફળ મળે છે. પરંતુ અહીં એટલું ધ્યાનમાં રાખવું ખાસ જરૂરનું છે કે લંબાઈ અને પહોળાઈ માપવા માટે એક જ જાતનો લંબાઈનો એકમ વાપરવો. કોઈ સપાટીનું ક્ષેત્રફળ લખતી વખતે પહેલાં લંબાઈ અને પહોળાઈનો ગુણાકાર કરતાં જે સંખ્યા આવે તે લખવી. ત્યાર બાદ 'ચોરસ' શબ્દ લખવો અને પછી જે

	વસ્તુનું નામ	ક્ષેત્રફળ	ટૂંકું રૂપ
૧	ચોરસ square	(લંબાઈ)^2	l^2
૨	લંબચોરસ rectangle	લંબાઈ × પહોળાઈ	$l \times b$
૩	સમાંતર ચતુષ્કોણ parallelogram	લંબાઈ × ઊંચાઈ	$b \times h$
૪	ત્રિકોણ triangle	પાયાની લંબાઈ × ઊંચાઈ / ૨	$\frac{l \times h}{2}$
૫	ચક્ર circle	π × (ત્રિજ્યા)^2	$\pi \times r^2$
૬	ગોળાની સપાટી surface of sphere	૪ × π × (ત્રિજ્યા)^2	$4 \times \pi \times r^2$

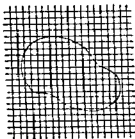
l = length = લંબાઈ, b = breadth = પહોળાઈ
h = height = ઊંચાઈ, r = radius = ત્રિજ્યા.

એકમમાં લંબાઈ અને પહોળાઈ માપી હોય તે લખવું. દાખલા તરીકે, એક વસ્તુની લંબાઈ ૫ ફૂટ અને પહોળાઈ ૩ ફૂટ હોય, તો તેનું ક્ષેત્રફળ ૧૫ ચોરસ ફૂટ (૫×૩ ચો. ફૂ.) કહેવાય છે.

જુદીજુદી વસ્તુના ક્ષેત્રફળની ગણતરી કરવા માટે પા. ૧૩ ઉપર કોઠો આપ્યો છે.

૧૧. વિરૂપાકાર (Irregular) સપાટીના ક્ષેત્રફળનું માપ. પ્રયોગઃ—(૧) જે સપાટીની કોર વાંકીચૂકી હોય તો તેનું ક્ષેત્રફળ નીચે પ્રમાણે કાઢી શકાય. આકૃતિ (૯) માં બતાવી છે તેવી એક સપાટી લો. તેના ઉપર પરસ્પર કાટખૂણે આડી અને ઊભી લીટી સરખી લંબાઈના અંતરે દોરવાથી નાના નાના સરખા ક્ષેત્રફળના ચોરસો મળે છે. એના ઉપર જે સપાટીનું ક્ષેત્રફળ માપવું હોય તેની આકૃતિ દોરો. પ્રથમ આખા ચોરસો ગણી કાઢો અને ફરતે કપાયેલા ચોરસો પૈકી જે અર્ધા ચોરસથી નાના હોય તેને ન ગણતાં અર્ધાથી મોટાને આખા ચોરસ હોય તેમ ગણો. આમ કરવાથી ચોરસની કુલ સંખ્યા જે આવે તે સપાટીનું ક્ષેત્રફળ બતાવે છે.

આકૃતિ ૯.



વિરૂપાકાર સપાટીના ક્ષેત્રફળનું માપ

(૨) જો કોઈ વસ્તુ એકસરખી જાડાઈની હોય તો તેની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ નીચેની રીતથી પણ મળી શકે છે. જે વસ્તુની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ શોધવું હોય તેનું પ્રથમ વજન કરી તેમાંથી જાણેલાં ક્ષેત્રફળનો એક ચોરસ કટકો કાપી કાઢવો. પછી આપેલી વસ્તુ એ કટકા કરતાં કેટલાગણી ભારી છે તે શોધવું. એમ કરતાં જે સંખ્યા આવે તે લીધેલી વસ્તુની સપાટીનું કુલ ક્ષેત્રફળ દર્શાવશે.

૧૨ કદ (Volume). કાંઈપણ વસ્તુ જેટલી જગા રોકે છે તેને તેનું કદ કહેવામાં આવે છે. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ એ ત્રણે સ્થિતિમાં વસ્તુ જગા રોકતી હોવાથી દરેક વસ્તુને કદ હોય

છે. ઘન વસ્તુનું કદ તેના આકાર ઉપરથી મળે છે. પ્રવાહીને જે વાસણમાં મૂકવામાં આવે છે તેનો આકાર તે ગ્રહણ કરે છે. આથી એક વાસણનો જેટલો ભાગ પ્રવાહી રોકે છે તેટલા ભાગનું કદ જાણવાથી પ્રવાહીનું કદ મળે છે. વાયુને એકાદ બંધ વાસણમાં પૂરવામાં આવે તો તે સઘળે એકસરખો પ્રસરી જાય છે. આથી આખા વાસણનું અંદરનું કદ જાણવાથી વાયુનું કદ માલૂમ પડે છે.

૧૩. કદનું માપ. ક્ષેત્રફળની માફક કદનો એકમ પણ લંબાઈના એકમ પરથી લીધો છે. જેની લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઊંચાઈ એકમ હોય તે ઘનના કદને એકમ તરીકે ગણવામાં આવ્યો

	વસ્તુનું નામ	કદ.	ટૂંકું રૂપ.
૧	ચોરસ ઘન square solid	(લંબાઈ)^3	l^3
૨	લંબ ચોરસ ઘન rectangular solid	લંબાઈ×પહોળાઈ×ઊંચાઈ	$l \times b \times h$
૩	નળાકાર cylinder	$\pi \times$(ત્રિજ્યા)$^2 \times$ઊંચાઈ	$\pi \times r^3 \times h$
૪	ત્રિપાર્શ્વ prism	લંબાઈ×પહોળાઈ×ઊંચાઈ / ૨	$\frac{l \times b \times h}{2}$
૫	શંકુ cone	$\pi \times$(ત્રિજ્યા)$^2 \times$ઊંચાઈ / ૩	$\frac{\pi \times r^2 \times b}{3}$
૬	ચોરસ પાયાનો પીરામીડ pyramid	લંબાઈ×પહોળાઈ×ઊંચાઈ / ૩	$\frac{l \times b \times h}{3}$
૭	ગોળો sphere	૪$\times \pi \times$(ત્રિજ્યા)^3 / ૩	$\frac{3}{4} \times \pi \times r^3$

છે. બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં એક ફૂટ લાંબો, એક ફૂટ પહોળો અને એક ફૂટ ઊંચો ઘન એકમ કદનો ગણાય છે, અને તેને એક ઘનફૂટ (ઘ. ફૂ.) એકમ તરીકે લીધો છે. એક ઘન સેંટીમિટર એટલે એક સેંટીમિટર લંબાઈ, એટલી પહોળાઈ અને એટલી ઊંચાઈની ઘન વસ્તુનું કદ. કોઈ પણ ઘન આકારની વસ્તુનું કદ શોધવા માટે લંબાઈ, પહોળાઈ અને ઊંચાઈને એકજ માપ વડે માપી તેનો ગુણાકાર કરવાથી તેનું કદ નીકળે છે. દાખલા તરીકે એક ઘન વસ્તુની લંબાઈ ૨ યાર્ડ, પહોળાઈ ૪ ફૂટ અને ઊંચાઈ ૩ ફૂટ હોય તો તેનું કદ [૬×૪×૩]=૭૨ ઘ. ફૂ. થાય છે. [૧ યાર્ડ=૩ફૂટ].

પા. ૧૫ ઉપર કેટલીક વસ્તુનું કદ શોધવા કોઠો આપ્યો છે.

આકૃતિ ૧૦.



કદમાપક પાત્ર
Measuring cylinder

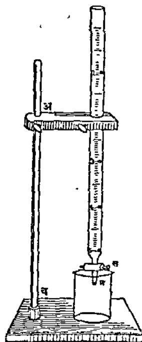
૧૪. પ્રવાહીનાં કદ માપવાનાં સાધનો. પ્રવાહીનો આકાર નિયત (fixed) ન હોવાથી તેનું કદ જાણવા માટે ભૂમિતિની રીતનો ઉપયોગ થઈ શકતો નથી. તેનું કદ માપવા જુદાંજુદાં આંકવાળાં વાસણો તૈયાર કરવામાં આવે છે.

(૧) કદમાપક પાત્રઃ—પ્રવાહીનું કદ માપવા કદમાપક પાત્ર (measuring cylinder) વપરાય છે (આકૃતિ ૧૦). આપેલાં પ્રવાહીનું કદ શોધવું હોય તો તેને એ પાત્રમાં રેડીને ઉપલી સપાટી આગળનો આંકડો નોંધવો, એટલે તેનું કદ મળે છે. સાધારણ રીતે એક ઘન સેંટીમિટરથી એક લિટર (૧૦૦૦ ઘ. સેમિ.) સુધીનાં કદ માપવાનાં આવાં નાનામોટાં પાત્રો હોય છે. એના વડે એક ઘન સેંટીમિટરથી ઓછું કદ બહુ ચોકસાઇથી માપી શકાતું નથી.

(૨) બ્યુરેટ (Burette):—એ સાધન વડે બહુ ઓછાં પ્રવાહીનું કદ પણ માપી શકાય છે. તેમાં એક કાચની નળી ઉપર સરખા અંતરે માપના કાપા કાઢેલા છે (આકૃતિ ૧૧). તેને અ વ સ્ટેન્ડમાં શિરોલંબ રાખવામાં આવ્યું છે. નીચેના ભાગ પર એક ઝીણું નાકું ન છે અને સ એક કાચની ચકલી છે. તેને ખોલવાથી નાકાં વાટે જોઈતું પ્રવાહી બહાર નીકળી શકે છે.

બ્યુરેટ વાપરવાની રીતઃ—પ્રથમ નીચેની ચકલી બંધ રાખી પ્રવાહીને ઉપરથી નળીની અંદર રેડવું. ત્યારબાદ ચકલીની નીચેની નળીના ભાગમાં પ્રવાહી આવે એટલા માટે થોડું પ્રવાહી ન વાટે કાઢી લેવું. પછી પ્રવાહીની સપાટી આગળનો આંકડો નોંધવો. હવે ચકલીને ફેરવીને જોઈતું પ્રવાહી બહાર કાઢી નવી સપાટી આગળનો આંકડો જોવો. આ નવા આંકડામાંથી પહેલો આંકડો બાદ કરતાં પ્રવાહીના કદનું માપ મળશે. (બ્યુરેટ ઉપર ઊંચેથી નીચે આંકડા પાડેલા હોવાથી નીચેના આંકડા મોટા હોય છે.) નળીની પાછળ સફેદ કાગળ રાખવાથી પ્રવાહીની સપાટી આગળના આંકડા સારી રીતે જોઈ શકાય છે. આ સાધન વડે $\frac{1}{10}$ ઘ. સેમિ. જેટલું કદ પણ ઘણી ચોકસાઈથી માપી શકાય છે.

આકૃતિ ૧૧.



બ્યુરેટ

(૩) પિપેટ (Pippette):—જો અમુક જ કદનું પ્રવાહી લેવું હોય તો તેને માટે નાનામોટા કદની પિપેટ વપરાય (આકૃતિ ૧૨) છે. પિપેટ એટલે વચ્ચેથી ફૂલવેલી અને બન્ને બાજુ ખુલ્લી

આકૃતિ १२. કાચની નળી. પિપેટને ઉપરના કાપા ક સુધી ભરવામાં આવે તો તેના ઉપર લખેલા કદ (૨૫ ઘ. સેમિ.) જેટલું પ્રવાહી રહી શકે છે.



પિપેટ

પિપેટ વાપરવાની રીત—પ્રથમ નળીની અણીને પ્રવાહીમાં ડુબાવો અને ઉપરથી મોંવડે હવા શોષો. આથી પ્રવાહી નળીમાં દાખલ થશે. જ્યારે પ્રવાહીની સપાટી ક થી ઊંચે આવે ત્યારે આંગળી વડે નળીને ઉપરથી બંધ કરી પિપેટના નીચેના છેડાને પ્રવાહીમાંથી બહાર કાઢવો. નળીનું નીચેનું નાકું ઘણું બારીક હોવાથી જ્યારે નળી ઉપરથી બંધ હોય છે ત્યારે પ્રવાહી બહાર નીકળી શકતું નથી હવે આંગળી સહેજ અલગ કરી ધીમેથી હવાને અંદર દાખલ કરો એટલે નીચેનાં નાકાંમાંથી પ્રવાહી ટપકવા માંડશે. જ્યારે પ્રવાહીની સપાટી ક આગળ આવે કે તરતજ નળી ઉપર જોરથી આંગળી દબાવી હવાને અંદર જતી બંધ કરવી. પછી જે વાસણમાં એ પ્રવાહી લેવું હોય ત્યાં લઈ જઈ ઉપરની આંગળી ઊંચકી લેવી એટલે બધું (૨૫ ઘ. સેમિ. જેટલું) પ્રવાહી બહાર આવશે.

૧૫. વિરૂપાકાર (Irregular) ઘન વસ્તુના કદનું માપ. વિરૂપાકાર ઘન વસ્તુના કદનું માપ શોધવું હોય તો ભૂમિતિની ગણતરીની રીત ઉપયોગમાં આવશે નહિ; પરંતુ તેને માટે એક નળીવાળું સ્થળાંતર પાત્ર (displacement jar) વપરાય છે (આકૃતિ ૧૩).

આકૃતિ ૧૩.



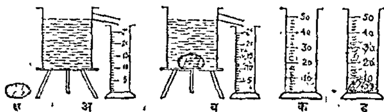
સ્થળાંતર પાત્ર
Displacement jar

સ્થળાંતર પાત્ર વાપરવાની રીત:—પ્રથમ વસ્તુ ક્ષ ને બહાર રાખી પાત્રને પૂરેપૂરું ભરવાથી પાણીની સપાટી નળી સુધી આવશે. વધારાનું પાણી નળી

વાટે બહાર નીકળી જશે (આકૃતિ ૧૪, અ) ત્યાર પછી. કદમાપક પાત્રને નળી આગળ રાખી ઘન વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવવી. આમ કરવાથી વસ્તુના કદ જેટલું પાણી નળી વાટે બહાર આવશે અને કદમાપક પાત્રમાં એકઠું થશે (આકૃતિ ૧૪ વ). એ પાણીનું જેટલું કદ આવશે તે વસ્તુનું કદ બતાવશે.

વિરૂપાકાર વસ્તુનું કદ માપવાની બીજી એક સાદી રીત છે. પ્રથમ એક કદમાપક પાત્ર લઈ તેમાં વસ્તુ સંપૂર્ણ ડૂબે એટલું પાણી લેવું (આકૃતિ ૧૪, क) ત્યાર બાદ પાણીની સપાટી આગળનો આંકડો નોંધવો. પછી વસ્તુને અંદર ડુબાડવાથી પાણીની સપાટી ઊંચે ચઢશે (આકૃતિ ૧૪, ह). હવે ફરીથી સપાટીનો આંકડો નોંધવો. કદના આ આંકડામાંથી પહેલો આંકડો બાદ કરવાથી વસ્તુનું કદ મળશે.

આકૃતિ ૧૪.



નોંધ:—જો આપેલી વસ્તુ પાણીમાં ઓગળી જતી હોય તો પાણીને બદલે જે પ્રવાહીમાં તે ન ઓગળતી હોય તેવું પ્રવાહી લેવું. જો એ વસ્તુ પ્રવાહીથી હલકી હોય તો એક ટાંકણી વડે ઉપરથી દબાવીને તે વસ્તુને પૂરેપૂરી ડુબાડવી.

ઘનતા, વિશિષ્ટ ઘનતા અને આર્કિમિડિસના નિયમથી વસ્તુનું કદ કેમ નીકળે છે તે પાછળ જોઈ શું (પ્રકરણ ૨, ફકરો ૩, અને પ્રકરણ ૩, ફકરો ૪).

સાર

૧. દરેક જાતની રાશિ (quantity) માપવા એકમો (units) નક્કી કરવા પડે છે. લંબાઈ (length), દ્રવ્યમાન (mass) અને સમય (time) ના એકમો મૂળ એકમો (fundamental units) છે. વેગ, કાર્યશક્તિ, બળ વગેરે રાશિના એકમો મૂળભૂત એકમો ઉપરથી નક્કી કરવામાં આવે છે. એટલે એવા એકમોને સાધિત એકમો (derived units) કહેવામાં આવે છે.

૨. મૂળ એકમો માપવાની બે મુખ્ય પદ્ધતિ છે: બ્રિટીશ અને દશાંશ (મેટ્રિક). એ એકમો નીચે કોઠામાં આપ્યા છે.

	લંબાઈનો એકમ	દ્રવ્યમાનનો એકમ	સમયનો એકમ
બ્રિટીશ	યાર્ડ (વાર)	પાઉંડ (રતલ)	સેકંડ
દશાંશ	મિટર	ગ્રામ	સેકંડ

૩. લંબાઈ ફૂટપટીથી માપવામાં આવે છે. કોઈ વસ્તુની ઉપર સીધું ફૂટપટીનું માપ ન લઈ શકાય તો તેનું માપ ડિવાઈડર અથવા દોરી વડે માપીને ફૂટપટી સાથે સરખાવી કાઢવામાં આવે છે. ક્ષેત્રફળનુ માપ લંબાઈ અને પહોળાઈને ગુણવાથી નીકળે છે. વસ્તુની સપાટી વાંકીચૂકી હોય તો તે સપાટીની આકૃતિ ગ્રાફ પેપર ઉપર પાડીને ગ્રાફના ચોરસો ગણવાથી ક્ષેત્રફળ મળે છે. અર્ધાથી મોટા ચોરસોને આખા ગણવા અને બાકીના ગણવા નહિ. નિયત આકારની જુદીજુદી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ ગણતરીથી નીકળે છે (જુઓ કોષ્ટક ફકરો ૧૦). નિયત આકારની ઘન વસ્તુનું કદ લંબાઈ, પહોળાઈ, અને ઊંચાઈના ગુણાકારથી નીકળે છે (જુઓ કોષ્ટક ફકરો ૧૩). સ્થળાંતર પાત્રમાં અથવા કદમાપક પાત્રમાં ઘન વસ્તુને મૂકીને કેટલું પાણી સ્થળાંતર થાય છે તેનું માપ કાઢવાથી કદ માપી શકાય છે. પ્રવાહીના કદનું માપ આંકેલા નળાકાર, પિપેટ અથવા બ્યુરેટ વડે મળે છે.

પ્રશ્નો

(૧) ગમે તેવા આકારના પથ્થરનું અને સાકરના મોટા ગાંગડાનું કદ કેવી રીતે માપશો ?

(૨) પિપેટ, બ્યુરેટ, અને સ્થળાંતર પાત્રનો ઉપયોગ સમજાવો.

(૩) મૂળ એકમો કેટલા છે ? સાધિત એકમો કોને કહે છે ?

(૪) પ્રવાહીનાં કદ માપવાનાં સાધનોનું વર્ણન કરો.

(૫) જુદીજુદી નિયત આકારની વસ્તુનાં કદ અને ક્ષેત્રફળનાં માપ કેવી રીતે કાઢશો ?

પ્રકરણ ૨

દ્રવ્યમાન, ભાર અને સમયનાં માપ

Measurements of Mass, Weight and Time

૧. દ્રવ્યમાન (Mass). આપણે આગળ જોઈ ગયા કે દરેક વસ્તુ જગ્યા રોકે છે. જેના વડે વસ્તુ જગ્યા રોકે છે તેને દ્રવ્ય કહેવામાં આવે છે. વસ્તુમાં દ્રવ્યનો જે જથ્થો રહેલો છે તેને વસ્તુનું દ્રવ્યમાન (mass, દળ) કહેવામાં આવે છે. ઘણીખરી વસ્તુનું મૂલ્ય તેના દ્રવ્યમાનને (દળને) આધારે થાય છે; એટલે કે વસ્તુના જથ્થા ઉપર તેની કિંમત નક્કી થાય છે. લંબાઈની માફક દ્રવ્યમાન માપવા જુદા (independent) એકમની જરુર પડે છે. બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં લંડનમાં બોર્ડ ઓફ્ ટ્રેઈડની કચેરીમાં રાખેલા એક પ્લૅટિનમના કટકાના દ્રવ્યમાનને એકમ ગણ્યો છે અને તેને પાઉંડ (pound) કહેવામાં આવે છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં પેરિસના મ્યુઝિયમમાં રાખેલા એક પ્લૅટિનમના કટકાના દ્રવ્યમાનને એકમ તરીકે ગણ્યો છે અને તેને કિલોગ્રામ કહેવામાં આવે છે. કિલોગ્રામ એ વધારે આધારભૂત એકમ છે. ૪° સેંટીગ્રેડના ટેમ્પરેચરે એક લિટર (૧૦૦૦ ઘ. સેમિ.) ચોખ્ખા પાણીનું વજન એક લિટર જેટલું થાય છે. સાધારણ રીતે પ્રયોગશાળામાં તોલમાપ માટે દશાંશ પદ્ધતિના અને વેપારધંધામાં બ્રિટીશ પદ્ધતિના એકમો વપરાય છે. પ્રયોગશાળામાં ગ્રામ (કિલોગ્રામનો હજારમા ભાગ)નો ઘણો ઉપયોગ થાય છે. નાનાંમોટાં વજન માપવા માટે જુદાજુદા એકમની જરૂર પડે છે. તે નીચેના કોઠામાં આપ્યા છે.

પાઉંડ અને ગ્રામનાં નાનાંમોટાં તોલ

૧ ઔંસ = $\frac{૧}{૧૬}$ પાઉંડ (પા.), રતલ	૧ ડેસિગ્રામ = $\frac{૧}{૧૦}$ ગ્રામ (ગ્રા.)
૧ સ્ટોન = ૧૪ પાઉંડ	૧ સેંટીગ્રામ = $\frac{૧}{૧૦૦}$ ગ્રામ
૧ ક્વોર્ટર = ૨૮ પાઉંડ	૧ મિલિગ્રામ = $\frac{૧}{૧૦૦૦}$ ગ્રામ
૧ હંડ્રવેટ = ૧૧૨ પાઉંડ	૧ ડેકાગ્રામ = ૧૦ ગ્રામ
૧ ટન = ૨૨૪૦ પાઉંડ	૧ હેક્ટોગ્રામ = ૧૦૦ ગ્રામ

૧ કિલોગ્રામ (કિલોગ્રા) = ૧૦૦૦ ગ્રામ

ગ્રામ અને રતલનો સંબંધ

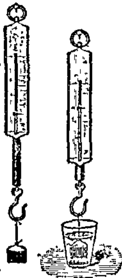
૧ પાઉંડ = ૪૫૩·૬ ગ્રામ.	૧ ગ્રામ = ૭ ૦૩૫૩ ઔંસ.
૧ ઔંસ = ૨૮·૩૫ ગ્રામ	૧ કિલેગ્રા.= ૨·૨૦૪૦ રતલ.

અમુક વસ્તુમાં કેટલું દ્રવ્ય રહેલું છે તે કહેવું ઘણું મશ્કેલ છે. આથી તેનું માપ કેવી રીતે કાઢવું એ પણ એક પ્રશ્ન છે. પરંતુ ન્યુટને શોધી કાઢ્યું તેમ દરેક વસ્તુ વત્તાઓછા બળથી પૃથ્વીના મધ્યબિંદુ તરફ આકર્ષાય છે અને એ બળ તે વસ્તુના દ્રવ્યમાનના પ્રમાણમાં હોય છે. જો એક વસ્તુનું દ્રવ્યમાન (વજન) બીજી વસ્તુના કરતાં બમણું હોય તો પૃથ્વીની કોઈ પણ જગ્યાએ તે વસ્તુ બીજી કરતાં બમણા જોરથી પૃથ્વી તરફ ખેંચાશે. આથી વસ્તુનું વજન માપવામાં એ બળ આધારરુપ થઈ પડ્યું છે.

૨. દ્રવ્યમાન (વજન) અને ભારનો તફાવત (Difference between Mass and Weight). કોઈપણ વસ્તુ પૃથ્વી તરફ જેટલા જોરથી ખેંચાય છે તેને વસ્તુનો ભાર કહેવામાં આવે છે. અમુક વસ્તુ પર આ જોર હંમેશા એકસરખું રહેતું નથી. જેમ પૃથ્વીના મધ્યબિંદુથી દૂર જઈએ તેમ એ જોર ઓછું થાય છે અને જેમ નજદીક જઈએ તેમ એ જોર વધે છે. આથી એક વસ્તુ પૃથ્વીની સપાટી ઉપર વધુ ભારી લાગે છે અને ઊંચા પર્વત ઉપર

હલકી લાગે છે. વળી એ પણ સ્પષ્ટ થાય છે કે એક વસ્તુના ભારમાં ફેરફાર થાય છે, પરંતુ તે વસ્તુની અંદર રહેલા દ્રવ્યનો જથ્થો કાયમ રહેવાથી તેના દ્રવ્યમાનમાં ફેરફાર થતો નથી. પૃથ્વી ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવ આગળ ચપટી છે અને વિષુવવૃત્ત આગળ ઊપસેલી છે. આથી જો એક વસ્તુને કમાનકાંટા (spring balance) વડે બંને જગ્યા આગળ તોલીએ તો માલૂમ પડશે કે ધ્રુવની નજીક વસ્તુ ભારી લાગે છે અને વિષુવવૃત્ત ઉપર હલકી લાગે છે. આનું કારણ એ છે કે ધ્રુવ આગળની સપાટી વિષુવવૃત્ત કરતાં પૃથ્વીના મધ્યબિંદુની વધુ નજીક છે. પૃથ્વીનું કદ બહુ વિસ્તૃત છે એટલે આ ભારનો ફેરફાર થોડા માઈલના ઊંચાણ અથવા નીચાણમાં માલૂમ પડે તેટલો હોતો નથી. (આથી દ્રવ્યમાનને ભારમાં માપવાથી કંઈ ખાસ વાંધો આવતો નથી. દ્રવ્યમાન અને ભાર જુદાં હોવા છતાં ખાસ સ્પષ્ટિકરણ કરવામાં આવ્યું ન હોય ત્યાં સુધી સાધારણ રીતે એક જ ગણવામાં વાંધો નથી.)

આકૃતિ ૧૫.



કમાનકાંટો
Spring balance

ટૂંકમાં, દ્રવ્યમાન (mass) એટલે વસ્તુમાં રહેલા દ્રવ્યનો જથ્થો અને ભાર (weight) એટલે તે વસ્તુ ઉપર લાગતું પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બળ (force of gravity). કોઈ પણ વસ્તુનું દ્રવ્યમાન (mass) જેટલું ને તેટલું જ (constant) રહે છે, પરંતુ તેના ભારમાં વધઘટ થઈ શકે છે.

નીચેનો પ્રયોગ કરવાથી ઉપરની બાબત સ્પષ્ટ થશે.

પ્રયોગઃ—એક કમાનકાંટો લઈ એક લોખંડના કટકાને તોલો. લોખંડના કટકાને પાણીમાં ડુબાવો અને ફરી તોલ કરો. આ વખતે પહેલાનાં કરતાં તોલ ઓછું થશે. આ પ્રમાણે દ્રવ્યમાન કાયમ રહેવા છતાં તેના ભારમાં ફેરફાર થાય છે (આકૃતિ ૧૫).

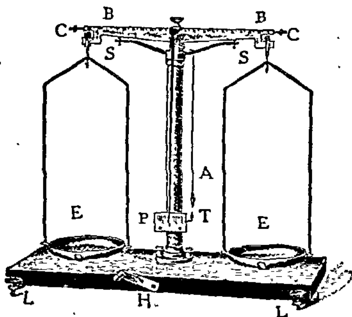
ઉપરના પ્રયોગમાંથી પણ સમજાય છે કે દ્રવ્યનો જથ્થો (mass) એકસરખો રહે છે, પરંતુ તેના ભાર (weight) માં વધઘટ થાય છે.

૩. વજન માપવાનાં સાધનો. (૧) કમાનકાંટો (spring balance):—વસ્તુનો ભાર માપવા માટે કમાનકાંટો નામનું એક સાદું સાધન વપરાય છે (આકૃતિ ૧૫). તેમાં કમાનનો ઉપયોગ થાય છે. એ કમાનને એક છેડે આંકડો લગાડેલો છે અને બીજો છેડો ચોકઠાંના ઉપલા ભાગ સાથે જડેલો છે. એ કમાનને એક દર્શક (pointer) લગાડેલો હોય છે અને તે ચોકઠાં ઉપરના માપના આંકડા ઉપર ઊંચેનીચે જાય છે.

કમાનકાંટો તૈયાર કરવા પ્રથમ જાણીતા વજનની વસ્તુને આંકડામાં ભેરવી કાંટાને કડીથી પકડી ઊંચકવો (આકૃતિ ૭૮). વસ્તુના ભારને લીધે કમાન લાંબી થાય છે અને તેથી દર્શક નીચે આવે છે. હવે ચોકઠાં પર દર્શક જે જગ્યાએ સ્થિર થાય ત્યાં લીધેલાં વજનનો આંકડો પાડવો. એ પ્રમાણે જુદાં જુદાં તોલેલાં વજન લઈ ઉપર મુજબ ચોકઠાં પર તેના માપના આંક પાડવાથી કમાનકાંટો તૈયાર થશે. જે વસ્તુને તોલવી હોય તેને આંકડામાં ભેરવી કમાનકાંટા સાથે ઊંચકવાથી દર્શક જે આંકડા ઉપર આવે તે વસ્તુનો ભાર દર્શાવશે. એટલું ધ્યાનમાં રાખવું કે કમાનકાંટાથી વસ્તુનો ભાર (weight) મળે છે અને તેથી વસ્તુના ભારમાં થતી વધઘટ કમાનકાંટા વડે માપી શકાય છે.

(૨.) ત્રાજવું (Balance):— વજન માપવા માટે ત્રાજવું વપરાય છે. તેમાં બે વસ્તુના વજનની સરખામણી થાય છે. એક

આકૃતિ ૧૬.



ત્રાજવું

બાજુ તોલવાની વસ્તુ મૂકીને બીજી બાજુ જાણીતું વજન મૂકવામાં આવે છે. આ બન્નેને દાંડી વડે સમતોલવાથી લીધેલી વસ્તુનું વજન મળે છે.

B B એક કઠણુ ધાતુની દાંડી છે. તેના બંને છેડે સરખાં વજનમાં બે પલ્લાં E E લગાડેલાં છે (આકૃતિ ૧૬). નીચેનાં પાટિયાં સાથે બે આગળ અને એક પાછળ એમ ત્રણ સ્ક્રૂ L રાખેલાં છે. તેનાંથી પાટિયાંને સમસૂત્ર (horizontal) બનાવી

શકાય છે. ઓળંબો A બરાબર T બિંદુ ઉપર આવે ત્યારે ત્રાજવું સમસૂત્ર થાય છે. જ્યારે ત્રાજવું વપરાતું ન હોય ત્યારે તેની દાંડી બે ટેકા S S ની બેઠક પર રહે છે. હાથા H ને સવ્ય (clockwise) દિશામાં ફેરવવાથી પોલી નળીમાં રહેલો સળિયો ઊંચો થાય છે અને તેનાથી દાંડી B B ટેકાથી અલગ થાય છે અને દાંડીના મધ્ય ભાગમાં કઠણ ધાતુના ત્રિપાર્શ્વની ધાર ઉપર અવલંબી ઝોલા ખાય છે. દાંડી બરાબર સમતોલ રહે તે જોવા માટે દર્શક P રાખેલો છે. એ દર્શકનો એક છેડો દાંડી સાથે જડેલો છે, જ્યારે બીજો છેડો નીચે રાખેલી આંકપટી (scale) ઉપર ફરતો રહે છે. દાંડીને બરાબર સમતોલ કરવા તેને બંને છેડે નાના સ્ક્રૂ C રાખેલાં છે. તેમને ફેરવવાથી તે આજુબાજુ ખસે છે અને એમ કરવાથી દાંડીને સમતોલ બનાવી શકાય છે.

ત્રાજવું વાપરવાની રીત :—પ્રથમ સ્ક્રૂ L ને ફેરવી ઓળંબાની અણીને (index) T ઉપર લાવવી. આથી ત્રાજવું સમસૂત્ર થશે. ત્યાર બાદ હાથાને સવ્ય (clockwise) દિશામાં ફેરવી દાંડીને ઊંચકવી અને દર્શકને આંકપટીના શૂન્ય આંકડા પર લાવવો. એ માટે દર્શક શૂન્ય આંકડાની જે બાજુ રહેતો હોય તે તરફના સ્ક્રૂ C ને દૂર ખસેડવું અથવા સામી બાજુના સ્ક્રૂને પાસે લાવવું. જ્યારે દર્શક શૂન્ય આંકડા પર આવશે, ત્યારે દાંડી બરાબર સમસૂત્ર થશે. પછી હાથાને અપસવ્ય (anti-clockwise) દિશામાં ફેરવી ત્રાજવાંને બેસાડી દેવું અને ડાબી બાજુનાં પલ્લાંમાં આપેલી વસ્તુ મૂકી જમણી બાજુનાં પલ્લાંમાં કાટલાં મૂકવાં. હવે ફરીથી ત્રાજવાંને હાથો ફેરવી ઊંચકવું, જો દર્શક શૂન્યથી જમણી બાજુ જાય તો બીજાં વધારેનાં વજન મૂકવાં અને ડાબી બાજુ જાય તો થોડાં વજન કાઢી લેવાં. પલ્લાંમાંથી વજન અથવા વસ્તુ કાઢતી કે મૂકતી વખતે ત્રાજવાંને બેસાડી દેવું. હવે પ્રથમ મૂકેલાં વજનમાં વધઘટ કરી દર્શકને શૂન્ય આંકડા ઉપર લાવવો. પછી જમાનું પલ્લાંનાં બધાં કાટલાંનો જે સરવાળો આવે તે વસ્તુનું વજન દર્શાવશે.

ત્રાજવાંનો ઉપયોગ કરતી વખતે નીચેની બાબત ધ્યાનમાં રાખવી.

(૧) ત્રાજવાંને સમતોલ રાખવું. નીચેનાં પાટિયાંનાં સ્ક્રૂ ફેરવાથી એ થઈ શકશે.

(૨) હાથાને ધીમેથી ફેરવી દાંડીને છૂટી કરવી.

(૩) જ્યારે દાંડી ઊંચી કરવામાં આવે ત્યારે દર્શક શૂન્ય આંકડા ઉપર સ્થિર હોવો જોઈએ; અગર શૂન્ય આંકડાની બંને બાજુ સરખા અંતરે ઝોલાં ખાતો હોવો જોઈએ. જો એ પ્રમાણે ન હોય તો દાંડીને છેડે આવેલા સ્ક્રૂ વડે દાંડીને સમતોલ કરવી.

(૪) જે વસ્તુ તોલવી હોય તેને હંમેશા ડાબી બાજુનાં પલ્લાંમાં અને વજનને જમણી બાજુનાં પલ્લાંમાં મૂકવાં.

(૫) વજનનો ફેરફાર કરતી વખતે ત્રાજવાંના પલ્લાંને હાથો ફેરવી બેસાડી દેવાં.

(૬) વજનને હાથ વડે ન લેતાં ચીપિયા વડે ઉપાડવાં.

(૭) વજનને ત્રાજવાંનાં પલ્લાં કે દાબડામાં તેની જગ્યા સિવાય ક્યાંય મૂકવાં નહિ.

(૮) ગરમ વસ્તુ તોલવી નહિ.

(૯) જ્યારે ત્રાજવાંનું કામ પૂરું થઈ રહે ત્યારે તેને હાથો ફેરવી બેસાડી દેવું.

ઘણી વખત ત્રાજવું ખામીવાળાં હોવાથી વસ્તુનું ખરું વજન આપતાં નથી. એવાં ત્રાજવાંમાં મુખ્ય બે જાતની ખામી હોય છે. કયાં તો દાંડીના ભુજની (બંને બાજુની દાંડીની) લંબાઈ સરખી હોતી નથી, અગર બંને પલ્લાં અથવા ભુજનાં વજનમાં ફેરફાર હોય છે. જો ત્રાજવાંની બંને બાજુનું વજન સરખું ન હોય તો હલકી બાજુએ વધારા જેટલું વજન મૂકવાથી એ ખામી દૂર થાય છે.

જો ભુજની લંબાઈ વત્તીઓછી હોય તો નીચેની રીત પ્રમાણે તોલવાથી વસ્તુનું ખરૂં વજન નીકળે છે. પ્રથમ આપેલી વસ્તુને ડાબાં પલ્લામાં મૂકવી અને જમણી બાજુ રેતી અગર સીસાંની ગોળી મૂકી દાંડીને સમતોલ કરવી. ત્યાર પછી વસ્તુને ડાબાં પલ્લામાંથી કાઢી લઈ, તેમાં જોઈતાં વજન મૂકી દાંડીને ફરી સમતોલ કરવી. આમ વસ્તુનું વજન એ વજનની બરાબર થશે. એ પ્રમાણે તોલ કરવાથી વસ્તુનું ખરું વજન મળે છે.

૪. સમયનો એકમ. એક માણસ કહેશે કે મેં આ કામ અમુક વખતમાં કર્યું. બીજો કહેશે અમે આટલા વખત સુધી વાતચીત કરી. એ પ્રમાણે દરેક પ્રસંગને સમય સાથે સંબંધ હોવાથી તેનું માપ રાખવું જરૂરી છે. સમયનું માપ કાઢવા સ્વતંત્ર (independent) એકમ રાખવો પડે છે.

કોઈ પણ જગ્યાએ સૂર્યને બે વખત લગોલગ બરાબર આકાશમાં તે જ સ્થળે આવતાં સમયનો જે ગાળો પસાર થાય તેને સૂર્યદિન (solar day) કહેવામાં આવે છે; જ્યારે કોઈ પણ તારાને બે વાર લગોલગ તે જ જગાએ આવતાં જે વખત લાગે તેને સિડિરિયલ દિન (sidereal day) કહેવામાં આવે છે.

વર્ષના બધા સૂર્યદિન સરખા ન હોવાથી એક વર્ષના સૂર્યદિનોનું સરેરાશ લઈ તેને સરેરાશ સૂર્યદિન (mean solar day) કહેવામાં આવે છે. સિડિરિયલ દિન સૂર્યદિનથી ચાર મિનિટ જેટલો નાનો છે. સૂર્યદિનના $\frac{૧}{૮૬૪૦૦}$ ભાગને બ્રિટીશ અને દશાંશ પદ્ધતિમાં એકમ તરીકે લેવામાં આવ્યો છે અને તે સેકંડ કહેવાય છે. સેકંડ અને સૂર્યદિન વચ્ચે ઘણો તફાવત હોવાથી કલાક અને મિનિટનાં માપો રાખ્યાં છે. સમયનાં નાનાંમોટાં માપોનું કોષ્ટક નીચે આપ્યું છે.

સમયનાં માપો

૧ વર્ષ	= ૩૬૫ સૂર્યદિન	૧ કલાક	= $\frac{૧}{૨૪}$ સૂર્યદિન
૧ ચંદ્ર માસ	= ૩૦ સૂર્યદિન	૧ મિનીટ	= $\frac{૧}{૧૪૪૦}$ સૂર્યદિન
૧ અઠવાડિયું	= ૭ સૂર્યદિન	૧ સેકંડ	= $\frac{૧}{૮૬૪૦૦}$ સૂર્યદિન

૫. સમય માપવાનાં સાધનો. અસલના વખતમાં સમયનું માપ રાખવાનું કશું પ્રમાણભૂત સાધન ન હતું. તે વખતે છાયાયંત્ર (sun-dial), જળ-ઘડિયાળ (water-clock), રેતીની શીશી, વગેરે વપરાતાં હતાં. છાયાયંત્રમાં એક નાની ઊભી લાકડીના પડછાયાના આધારે વખત માપવામાં આવતો. આ સાધન દિવસના જ વાપરી શકાતું છતાં જ્યારે આકાશમાં વાદળાં હોય ત્યારે પણ તે નિરુપયોગી થઈ પડતું. જળ-ઘડિયાળમાં નીચે બારીક નાકાંવાળી બરણીનો ઉપયોગ થાય છે. એ બરણીને પ્રથમ પાણીથી ભરી દઈ પાણીને નાકાં વાટે નીકળવા દેવામાં આવે છે. એ પાણી નિયમિત રીતે નીચે નીકળતું હોવાથી જળ-ઘડિયાળ સમયનું માપ આપે છે. રેતીની શીશીમાં પણ ઉપરની શીશીમાંથી નીચેની શીશીમાં રેતીને પડતાં જે વખત લાગે તે વડે સમયનું માપ નીકળે છે.

ઉપર જણાવેલાં સાધનો ઘણાં અગવડભરેલાં છે અને તેના ઉપર વારંવાર ધ્યાન આપવું પડે છે. આજકાલ દરેક ઠેકાણે જોવામાં આવતાં ઘડિયાળ ઘણાં સગવડ પડતાં છે અને સમયનું માપ સારી રીતે રાખે છે. ઘડિયાળની શોધ ગેલિલિયોને આભારી છે.

૬. ગેલિલિયો. ગેલિલિયો અર્વાચીન કાળના વિજ્ઞાનનો ઉત્પાદક ગણાય છે. આર્કિમિડિસના સમય પછી લગભગ ૧૮ સદીઓ સુધી કોઈ પણ પ્રખર વૈજ્ઞાનિક થયો ન હતો અને એટલો સમય લોકો ધર્મ અને અંધશ્રદ્ધાની દૃષ્ટિથી કુદરતના ક્રમને નિહાળી રહ્યા હતા. અમુક કાર્ય અને કારણને કંઈ સંબંધ

છે કે નહિ એ તપાસવાની વૃત્તિ તેમને થતી નહિ. માત્ર ગૅલિલિયોએ જ આવાં અંધશ્રદ્ધાના બળની સામે માથું ઊંચકી બંડ કર્યું અને જગતના મનુષ્યોને વિચારતા કર્યા.

એનો જન્મ ૧૫૬૪ માં ઇટલીમાં થયો હતો. એની વિપ્લવકારક શોધને લીધે એને ઘણું જ સોસવું પડ્યું હતું. તેણે વિજ્ઞાનનાં બીજ રોપીને મનુષ્યની એકમાર્ગી વિચારસરણીને નવે પંથે વાળી. ધર્મપુસ્તકોને અથવા મોટા પુરુષોના કથનો જ સત્ય માની લઈ નવીન શોધવાની વૃત્તિનો અભાવ હતો તે ગૅલિલિયોએ દૂર કર્યો અને વિજ્ઞાનને પ્રયોગદ્વારા જીવનમાં દાખલ કર્યું. યુરોપમાં 'સૂર્ય સ્થિર છે અને પૃથ્વી એની પ્રદક્ષિણા કરે છે;' એવા કૉપરનિકસના મતને એણે પૂર્તિ આપી હતી. આથી જ એ ધર્મગુરુઓના કોપનો ભોગ થયો હતો. એ સિવાય એણે જે બીજી મહાન શોધો કરી એ માટે ખરેખર જગત ગૅલિલિયોનું ઘણુંજ ઋણી છે. એણે પહેલવહેલી દૂરબિનની શોધ કરી અને તેનાથી શનિના ગ્રહની ફરતે દેખાતો ચક્રાકાર ઉપગ્રહ પ્રથમ જોવાનો મળ્યો. તેણે ઉષ્ણતા માપવાનું હવાનું થર્મોમિટર બનાવ્યું.

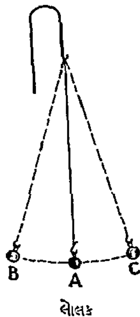
એકવાર દેવળમાં પ્રાર્થના કરતો હતો, ત્યારે એક ફાનસનાં આંદોલનો જોતાં એને લાગ્યું કે દરેક આંદોલન માટે એકસરખો જ સમય લાગતો હતો. તે વખતે ઘડિયાળ શોધાયાં ન હતાં, એટલે પોતાની નાડીના ધબકારાનો ઘડિયાળ તરીકે ઉપયોગ કરી તેણે ત્યાં એકાંએકાં પ્રયોગ કર્યો. આ ઉપરથી તેને માલૂમ પડ્યું કે આંદોલનો ગમે તેવડાં હોય છતાં દરેકનો સમય સરખો જ હતો. આ શોધને ધ્યાનમાં લઈ એણે ૫૦ વર્ષ પછી એક લોલકવાળું ઘડિયાળ તૈયાર કર્યું.

એરિસ્ટોટલ નામનો એક મહાન તત્ત્વજ્ઞાની કહી ગયો હતો કે, "જો બે વજન લઈએ અને એક વજન બીજાથી સોગણું

ભારે હોય તો ભારે વજન સોગણી ઝડપથી નીચે પડે છે. ” આથી ઊલટું ડેમોક્રિટસ નામના બીજા તત્ત્વવેત્તાએ એમ કહ્યું હતું કે “ બધાં વજન એકસરખી ગતિથી જ નીચે પડે છે.” પરંતુ એ બેમાંથી કોણ સાચું એ પ્રયોગથી પુરવાર કરવાનું ભાગ્ય ગેલિલિયોનું હતું. પિસાના ઢળતા ટાવર ઉપર જઈને ગેલિલિયોએ એક ૧૦ રતલનું અને બીજું એક રતલનું વજન લઈ એકીસાથે પડવાં દીધાં અને બધાનાં આશ્ચર્ય વચ્ચે બતાવ્યું કે વજન ગમે તેવડાં હોય છતાં એકસરખી જ ગતિથી નીચે પડે છે. આ સિદ્ધાંત પ્રયોગથી સાબિત કરવા છતાં તે ઘણાખરા એરિસ્ટોટલવાદીઓના માનવામાં આવ્યો નહિ અને ગેલિલિયોને તેઓ જાદુગર માનવા લાગ્યા. એની વિરુદ્ધ મતના લોકો એની સામા થયા અને અંતે રોમના ધર્મગુરુ મારફતે એનો ન્યાય કરાવી જબરદસ્તીથી ભવિષ્યમાં લોકોને ઊંધે માર્ગે દોરવાનો ઉપદેશ ન આપવાના શપથ લેવડાવ્યા. ત્યાર પછી ગેલિલિયોએ સૂર્ય–પૃથ્વી વિષેનો વિવાદ છોડી દીધો, પરંતુ એણે પદાર્થવિજ્ઞાન અને ખાસ કરીને યંત્રશાસ્ત્ર- (mechanics) નો અભ્યાસ કરી એક ઘણો જ ઉમદા ગ્રંથ બહાર પાડ્યો. યંત્રદ્વારા થતાં કાર્ય વિષે એણે એક સિદ્ધાંત રચ્યો કે ‘ ગમે તેવાં યંત્રદ્વારા કાર્ય ઉત્પાદન કરવામાં આવે તોપણ બળ વાપરી જેટલું કાર્ય કરવામાં આવે તેનાથી વધું કાર્ય યંત્ર આપી શકતું નથી. ’ એક ઉમરાવનો કૂવો ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંડો હતો અને તેમાંથી પંપ વડે પાણી બહાર નીકળતું ન હતું. આ બાબત ગેલિલિયોના ધ્યાન ઉપર લાવવામાં આવી. ગેલિલિયોએ જોયું કે પંપ ચાલુ હતો પરંતુ કોઈક કારણથી ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે પાણી ચઢી શકતું નથી. આ ઘટનાદ્વારા ગેલિલિયોને હવાના દબાણનો કંઈક ખ્યાલ આવ્યો હતો, પરંતુ એ બાબતની સંપૂર્ણ શોધ તેના શિષ્ય ટોરિસિલિએ કરી હતી.

૭. લેાલક (Pendulum). એક ભારી ધાતુના નાના ગેાળાને બારીક દોરી વડે બાંધીને લટકાવવાથી સારું લેાલક તૈયાર થાય છે (આકૃતિ ૧૭). લેાલકના નિયમ જાણીએ તે પહેલાં તેમાં વપરાતી કેટલીક વ્યાખ્યા જાણવી જરૂરની છે.

આકૃતિ ૧૭.



લેાલક

(૧) લેાલકના લટકાવેલાં બિંદુથી ગેાળાનાં મધ્યબિંદુ સુધીનાં અંતરને લેાલકની લંબાઈ કહેવામાં આવે છે.

(૨) જ્યારે લેાલક એક બાજુની સૌથી ઊચી જગા (B) થી બીજી બાજુની દૂરમાં દૂર જગા (C) સુધી જાય છે ત્યારે તે અંતરને એક ઝૂલેા (vibration) કહેવામાં આવે છે.

(૩) લેાલકની સ્થિર જગ્યા (A) થી એક બાજુએ વધારેમાં વધારે જેટલું અંતર જઈ શકે (A C અથવા A B) તેને વિસ્તાર (amplitude) અથવા આંદેાલન–વિસ્તાર કહેવામાં આવે છે.

(૪) જ્યારે લેાલક એક પછી એક બે આખા ઝૂલા ખાય (B થી C સુધી જઈ પાછેા B સુધી આવે) ત્યારે એક આંદેાલન (oscillation) પૂર્ણ થયું એમ કહેવામાં આવે છે.

(૫) એક આંદેાલન પૂર્ણ કરતાં લેાલકને જે સમય લાગે તેને આંદેાલન–સમય (period of oscillation) કહેવામાં આવે છે.

૮. લોલકના પ્રયોગો અને નિયમો. પ્રયોગઃ—ઉપર જણાવ્યું તેવું એક લોલક તૈયાર કરી તેની લંબાઈ (l) માપો. લંબાઈ માપતી વખતે જ્યાં લોલકને લટકાવવામાં આવ્યું છે ત્યાંથી ગોળા સુધીનું અંતર માપો અને પછી તેમાં કૅલીપર્સથી ગોળાની ત્રિજ્યા શોધી તેટલી લંબાઈ ઉમેરો. ત્યાર બાદ લોલકને ગતિ આપો અને, જ્યારે લોલક નિયમિત રીતે આંદોલન કરતું થાય ત્યારે, હાથ-ઘડિયાળના સેકંડ કાંટાની મદદથી ૫૦ આંદોલનનો સમય (x) નોંધો. (એ સમય માપવા માટે સ્ટૉપ-વૉચ અને મેટ્રોનોમ નામનાં સાધનો પણ વપરાય છે.) એ સમય પરથી આંદોલન-સમય (t) કાઢો. આ પછી લંબાઈમાં અનુક્રમે વધારો કરતા જઈ ફરીથી પ્રયોગો કરો. લીધેલી નોંધને નીચેનાં ખાનામાં પૂરો.

લોલકની લંબાઈ (l)	આંદોલનની કુલ સંખ્યા (n)	કુલ આંદોલન માટેનો સમય (x)	આંદોલન-સમય $t=\frac{x}{n}$	$\frac{l}{t^2}$

(૧) પ્રથમ મોટાં આંદોલનો લઈ ઉપર મુજબ આંદોલન-સમય શોધી કાઢો. ત્યાર બાદ લોલકની ગતિ ધીમી પાડી આંદોલનો નાનાં કરો અને ફરીથી આંદોલન-સમય શોધી કાઢો. માલૂમ પડશે કે બંને વખતના આંદોલન-સમય સરખા જ છે.

(૨) લાકડું, સીસું, અને લોખંડ એમ ત્રણ ધાતુના જુદાંજુદાં વજનના ગોળા લો. ત્રણે લોલકની લંબાઈ સરખી રાખીને, સઘળાના આંદોલન-સમય શોધી કાઢો. દરેકનો આંદોલન-સમય એક જ આવશે.

(૩) લોલકની લંબાઈ અનુક્રમે ૧૦, ૧૫, ૨૦ અને ૨૫ સેમિ.

અને વારાફરતી દરેકનો આંદોલન-સમય કાઢો. ૨૦ સેમિ. લંબાઈવાળા લોલકનો આંદોલન-સમય ૧૦ સેમિ. વાળા લોલકના કરતાં ચારગણો મોટો આવશે.

(૪) એક લોલકનો આંદોલન-સમય દરિયાની સપાટી ઉપર તપાસો અને તે જ લંબાઈ કાયમ રાખી ઊંચા પર્વત ઉપર ફરીવાર આંદોલન-સમય તપાસો તો દરિયાની સપાટી કરતાં પર્વત ઉપર આંદોલન સમય મોટો માલૂમ પડશે.

ઉપરના પ્રયોગો વડે નીચેના નિયમો તારવી શકાય છે.

(૧) આંદોલન-સમયનો વર્ગ લોલકની લંબાઈના પ્રમાણમાં વધઘટ થાય છે. (લંબાઈ વધુ તેમ આંદોલન-સમય વધુ).

(૨) આંદોલન-સમયનો વર્ગ પૃથ્વીના આકર્ષણ બળને લીધે લાગતા પ્રવેગથી ઊલટા (વ્યુત્ક્રમ) પ્રમાણમાં વધઘટ થાય છે. એટલે જો ગુરુત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ (acceleration due to gravity) વધુ હોય તો આંદોલન-સમય નાનો થાય છે.

(૩) આંદોલન-સમય લોલકના વિસ્તાર (amplitude), ગોળાનાં વજન, કદ, અને જાત ઉપર આધાર રાખતો નથી.

૨૨. ઘડિયાળ અને લોલકના આંદોલન-સમયમાં થતા ફેરફાર

ઉપરના નિયમોને આધારે આપણે ઘડિયાળ કે લોલકના આંદોલન-સમયમાં કેવા ફેરફાર થાય તે જાણી શકીએ છીએ.

નિયમ (૧) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે લોલકની લંબાઈ વધારીએ તો આંદોલન-સમય લાંબો થાય છે એટલે કે લોલક ધીમેધીમે ઝૂલા ખાય છે. જો લોલકની લંબાઈ ઘટાડીએ તો આંદોલન-સમય ટૂંકો થાય છે અને તેથી લોલક ઝડપથી ઝૂલા ખાય છે.

ઘડિયાળના લોલકના ગોળા (bob) ને નીચે ઉતારીએ તો લોલકની લંબાઈ વધે છે, એટલે આંદોલન-સમય લાંબો થાય છે

અને ઘડિયાળ ધીમું ચાલે છે. આથી ઉલટું ગોળાને ઊંચે ચઢાવીએ તો લોલકની લંબાઈ ટૂંકી થાય છે અને ઘડિયાળ ધીમું ચાલે છે.

શિયાળામાં ટૅમ્પરેચર ઘટવાથી ધાતુના લોલકનો સળિયો ટૂંકો થાય છે એટલે લોલકની લંબાઈ ઘટે છે. આથી શિયાળામાં ઘડિયાળ વધુ ઝડપી બને છે (એટલે કે આંદોલન-સમય નાનો થાય છે). આથી લોલકના ગોળાને નીચે ઉતારી ઘડિયાળનો આંદોલન-સમય વધારી ઘડિયાળને ધીમું કરવું પડે છે.

ઉનાળામાં તાપ પડવાથી લોલકની લંબાઈ વધે છે અને તેથી ઘડિયાળ ધીમું ચાલે છે. (એટલે કે આંદોલન-સમય લાંબો થાય છે). આથી ઉનાળામાં લોલકના ગોળાને ઊંચે ચઢાવી આંદોલન-સમય ટૂંકો કરીને ઘડિયાળને ઝડપી બનાવવું પડે છે.

પૃથ્વીની સપાટી ઉપરનું લોલકવાળું ઘડિયાળ જો ઊંચા પર્વત ઉપર લઈ જઈએ તો ત્યાં ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ ઓછું થવાથી પ્રવેગ પણ ઓછો થાય છે, એટલે આંદોલન-સમય લાંબો થાય છે અને તેથી ઘડિયાળ ધીમું પડે છે. પૃથ્વીની સપાટી તરફ આવતાં તે ઘડિયાળ ઝડપી થાય છે (નિયમ ૨).

ઉપલા નિયમ (૩) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે આપણે અમુક લંબાઈનો લોલક લઈએ તો તેનો આંદોલન-સમય તેવટો જ રહેશે. લોલકનો ગોળો ગમે તે પદાર્થનો હોય અને ગમે તે આકારનો અથવા કદનો હોય તો પણ જ્યાં સુધી લોલકની લંબાઈ તેટલી જ રહે ત્યાં સુધી આંદોલન-સમયમાં ફેરફાર થતો નથી (ધ્યાનમાં રાખવાની જરૂર છે કે આ પ્રયોગ એક જ જગાએ કરવો જોઈએ.)

આંદોલન-સમય, લોલકની લંબાઈ અને ગુરુત્વાકર્ષણના પ્રવેગની વચ્ચે અરસપરસ સંબંધ રાખતો નિયમ નીચે બતાવ્યો છે.

$$t = 2\ \pi \sqrt{l/g} \qquad \text{અથવા} \qquad g = \frac{4\ \pi^2 l}{t^2}$$

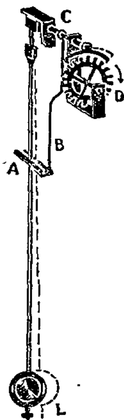
t = આંદોલન-સમય = periodic time.
l = લોલકની લંબાઈ = length of the pendulum.
g = ગુરુત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ = acceleration due to gravity.

આ ઉપરથી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર કોઈ જગાએ ગુરુત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ કાઢવો હોય તો લોલક ઉપયોગી થાય છે. લોલકની લંબાઈ અને આંદોલન-સમય માપવાથી 'g'નું મૂલ્ય નીકળી આવે છે.

૯. લોલક, યુક્તિકળ, અને ઘડિયાળ. અમુક લંબાઈના લોલકનો આંદોલન-સમય સરખો રહે છે, એ નિયમ શોધ્યા પછી લાંબે કાળે ગેલિલિયો આંધળો થયો ત્યારે તેના પુત્રને લોલકથી ચાલતું ઘડિયાળ બનાવવાની યુક્તિ મોઢેથી કહી બતાવી હતી. એ યુક્તિ પ્રથમ ક્રિસ્ટિયન હાઈગેન્સ નામના ખગોળશાસ્ત્રીએ અમલમાં મૂકી એક ઘડિયાળ તૈયાર કર્યું.

એક લોલકને આંદોલિત કરીએ તો માલૂમ પડે છે કે તેનાં આંદોલન લાંબા વખત સુધી ચાલ્યાં કરે છે; પરંતુ હવાનાં અને ટેકા આગળનાં ઘર્ષણના અવરોધથી થોડા વખત પછી એ લોલક સ્થિર થઈ જાય છે. આથી બીજાં કોઈ સાધન વડે લોલકને દર વખતે થોડી શક્તિ આપી આંદોલનને નાનાં પડવા ન દઈએ તો આપણે એ લોલકને સમય માપવાના ઉપયોગમાં લઈ શકીએ.

આકૃતિ ૧૮.



મુક્તિકળ

(Escapement)

લેાલકને શક્તિ આપી આંદોલન કાયમ રાખે એવી મુક્તિકળ (escapement) C (આકૃતિ ૧૮) માં બતાવી છે. એ મુક્તિ-કળના દાંતાવાળાં ચક્ર (D) ને એક કમાન સાથે જોડી અથવા દાંતાચક્રની ધરી ઉપર વજન લટકાવી ચક્રાકાર ફેરવવામાં આવે છે. આમ છતાં મુક્તિકળને ચક્રના દાંતા સાથે ભેરવેલી હેાવાથી કમાન એકાએક ઊકલી જતી નથી (અથવા લટકાવેલું વજન તરત હેઠળ પડી જતું નથી). જ્યારે લેાલક L આંદોલિત થાય અને ડાબી કે જમણી બાજુ જાય છે, ત્યારે ચક્રનેા એક દાંતેા છૂટેા પડે છે અને મુક્તિકળના બે છેડાને સહેજ ધક્કો આપે છે. જ્યાં સુધી કમાન વીંટાળેલી હેાય ત્યાં સુધી આ દબાણને લીધે લેાલક ધીમું પડી જતું નથી, અને એકસરખાં માપનાં આંદોલનેા કાયમ રહે છે. લેાલકના આંદોલન-સમયને વધારવા અથવા ઘટાડવા માટે લેાલકના ગેાળાની નીચે એક સ્ક્રૂ રાખેલેા છે. એના વડે ગેાળાને ઉપરનીચે લઈ જઈ લેાલકની લંબાઈમાં વધઘટ કરી શકાય છે. ગેાળાને ઊંચે ચઢાવીએ તેા આંદોલન-સમય ઓછેા થાય છે અને ઘડિયાળ ઝડપથી ચાલે છે અને નીચે ઉતારીએ તેા ઘડિયાળ ધીમું પડે છે. ઉનાળામાં લેાલકની પટી આપમેળે લાંબી થાય છે ત્યારે લેાલકના ગેાળાને

ઊંચે ચઢાવવામાં આવે છે. શિયાળાની ઠંડીમાં લોલકની પટી ટૂંકી થાય છે, એટલે લોલકના ગોળાને નીચે ઉતારવો પડે છે. જો આમ કરવામાં ન આવે તો ઉનાળામાં ઘડિયાળ ધીમું પડશે અને શિયાળામાં ઝડપી બનશે. આ ચક્ર D ની સાથે પ્રમાણસર દાતાવાળાં ચક્રો જોડવાથી મિનિટ કાંટો અને કલાક કાંટો ચલાવી શકાય છે.

સાર

૧ દ્રવ્યમાન (mass) ત્રાજવા વડે શોધવામા આવે છે બે સરખા દ્રવ્યમાનવાળી વસ્તુ હોય તો તેમને ત્રાજવાના એકેક પલ્લામા મૂકવાથી ત્રાજવાની દાંડી સમતોલ રહે છે એક બાજુ તોલના કાટર અને બીજી બાજુ વસ્તુને મૂકીને દાંડી સમતોલ થાય એટલે વસ્તુનું દ્રવ્યમાન નીકળે છે કમાનકાંટા વડે વસ્તુનો ભાર (weight) નોંધાય છે એની આકપટી ઉપર ભારના આંક પાડેલા હોય છે વસ્તુનુ દ્રવ્યમાન (mass) શોધવા માટે આપેલા કાટર વડે કમાનકાંટાના આંકને દરેક જગ્યાએ ફરીથી તપાસી નક્કી કરવા જોઈએ એક વસ્તુને પૃથ્વીની સપાટી ઉપર કમાનકાંટાથી તોલીએ અને તે જ કાંટા વડે ઊંચા પર્વત ઉપર તોલીએ તો ઓછો ભાર નોંધાય છે ત્રાજવાથી વસ્તુનુ દ્રવ્યમાન શોધી કઢાય છે અને કમાનકાંટાથી વસ્તુનો ભાર કઢાય છે

૨ દ્રવ્યમાન (mass) એટલે વસ્તુમા રહેલા દ્રવ્યનો જથ્થો ભાર (weight) એટલે વસ્તુ ઉપર પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે લાગતું બળ ગમે તે જગ્યાએ વસ્તુમાં રહેલા દ્રવ્યનો જથ્થો એકસરખોજ રહે છે પૃથ્વીની સપાટીથી ઊંચે જઈએ તેમ વસ્તુનો ભાર ઓછો થાય છે દ્રવ્યમાન જેટલુ ને તેટલુ જ રહે છે, ભારમા વધઘટ થાય છે

૩ સમયનો એકમ સેકંડ છે એક જ સ્થળે બે વાર સૂર્ય લગોલગ માથે આવે તેને એક સૌર્ય-દિવસ કહેવામા આવે છે એક સૌર્ય-દિવસને ૨૪ કલાકમા વહેંચવામા આવ્યો છે ૧ કલાકની ૬૦ મિનિટ અને ૧ મિનિટની ૬૦ સેકંડ થાય છે

સમયનું માપ લોલક વડે કાઢવામાં આવે છે. ભારે વસ્તુના ગોળાને દોરી વડે લટકાવવાથી લોલક બને છે. જ્યાં સુધી લોલકોની લંબાઈ સરખી હોય, ત્યાં સુધી દરેક લોલકનો આંદોલન-સમય એકસરખો રહે છે. ગોળાનાં કદ, વસ્તુ અથવા નાનાંમોટાં આંદોલનથી આંદોલન-સમયમાં ફેર પડતો નથી. લોલક ટૂંકું થાય તો સમય નાનો થાય છે અને લોલક ઝડપથી ઝૂલા ખાય છે. લોલકની લંબાઈ વધે તો આંદોલન-સમય પણ લાંબો થાય છે, અને તેથી લોલક ધીમેથી ઝૂલા ખાય છે. પૃથ્વીની સપાટી ઉપરથી જેમ ઊંચે જઈએ તેમ આંદોલન-સમય લાંબો થાય છે, નીચે આવીએ તેમ નાનો થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) લોલકના આંદોલન-સમયના નિયમો દર્શાવો. ઉનાળામાં ઘડિયાળ ઝડપથી ચાલે કે ધીમે?

(૨) વજન (mass) અને ભાર (weight) વચ્ચેનો તફાવત સમજાવો.

(૩) વિષુવવૃત્ત ઉપરના એક વસ્તુના ભાર કરતાં ધ્રુવ ઉપરનો ભાર વધુ હોય છે એનું કારણ શું? એ ભારની વધઘટ થાય તે કમાનકાંટા (spring-balance) વડે જ નોંધી શકાય છે, સાદા ત્રાજવા વડે નહિ. કારણ આપી સમજાવો.

(૪) ઝૂલો, આંદોલન અને આંદોલન-સમય કોને કહે છે?

(૫) લોલકની લંબાઈ અને આંદોલન-સમયનો પરસ્પરનો સંબંધ જણાવો.

(૬) મુક્તિકળનું કાર્ય આકૃતિ આપી સમજાવો.

પ્રકરણ ૩

ઘનતા (Density)

૧. લાકડું, પથ્થર, લોખંડ અને સીસું એ ત્રણે વસ્તુના એકસરખા કદના ટુકડાને વારાફરતી હાથમાં લેતાં માલૂમ પડે છે કે સીસાંનો ટુકડો ઘણો ભારે હોય છે .અને લોખંડ, પથ્થર, અને લાકડાના ટુકડા તેથી અનુક્રમે હલકા લાગે છે, આ ઉપરથી આપણને લાગે છે કે સીસાંનું દ્રવ્ય લાકડાં કે લોખંડ કરતાં વધુ ઘટ્ટ છે, અને તેથી જ તેનું વજન પ્રમાણમાં વધુ ભારી થાય છે. એક મોટા રૂના ઢગને પ્રેસમાં દબાવી ગાંસડી બાંધીએ છીએ ત્યારે આપણે રૂને ઘટ્ટ બનાવીએ છીએ. આથી જ ગાંસડીના રૂ કરતાં પીંજેલો રૂ હલકો લાગે છે. આ રીતે જુદીજુદી વસ્તુનાં વજનની સરખામણી કરવાથી તેમને ભારેહલકી શ્રેણીમાં ગોઠવી શકાય છે. જો વસ્તુનાં કદ એકસરખાં ન હોય તો એકાએક તેમની ઘટ્ટતાની સરખામણી થઈ શકતી નથી. આમ છતાં નીચે દર્શાવેલા પ્રયોગોથી એ સરખામણી થઈ શકશે.

૨. ઘનતા (**Density**). પ્રયોગ (૧):—લોખંડના નાનામોટા ટુકડા લો. દરેક ટુકડાનું વજન કરો. જો ટુકડા નિયત આકારના હોય તો ગણતરી કરી તેમનાં કદનું માપ કાઢો. જો ટુકડા વિરૂપાકાર હોય તો સ્થળાંતર પાત્ર (displacement jar) વડે તેમનું કદ શોધી કાઢો દરેક ટુકડાનાં વજનને તેના કદ વડે ભાગો. જો માપ સેંટીમિટર અને ગ્રામમાં લીધું હશે તો છેલ્લી ગણતરી તમને એક ઘન સેંટીમિટર કદના લોખંડનું વજન બતાવશે. બધી ગણતરી નીચે પ્રમાણે નોંધો.

(૨):—ઉપરનો પ્રયોગ બીજી કોઈ ધાતુ કે લાકડાંના જુદાજુદા કદના ટુકડા લઈ ફરીથી કરો અને તમારાં માપોની નોંધ નીચે પ્રમાણે કરો.

	લોખંડના ટુકડાનું વજન વ mass (m)	ટુકડાનું કદ ક volume (v)	$\frac{વજન}{કદ} = \frac{વ}{ક} = \frac{m}{v}$
૧			
૨			
૩			
૪			

(૨):—લોખંડ, સીસું, લાકડું, કાચ, મીણ વગેરે જુદાના જુદા આકારના અને કદના ટુકડા લઈ તેમનું વજન કરો. તેમનાં કદ સ્થાનાંતર પાત્ર વડે શોધી કાઢો. દરેકનાં વજનને તેનાં કદ વડે ભાગો. જવાબો મા૫ નીચે પ્રમાણે નોંધો. લાકડું અને મીણ પાણીથી હલકું હોવાથી સ્થાનાંતર પાત્રમાં ડૂબશે નહિ, આથી એ બંને ટુકડાને એકેક પિન ભરાવી તાર વડે ઉપરથી દબાવી પૂર્ણ ડુબાવવા પડશે.

વસ્તુનું નામ	વસ્તુનું વજન (વ) mass (m)	વસ્તુનું કદ (ક) volume (v)	$\frac{વ}{ક} = \frac{m}{v}$

કાચનાં જામનું વજન બાદ કરવાથી પ્રવાહીનું વજન મળશે. દરેક પ્રવાહીનાં વજનને તેનાં કદથી ભાગો. માપો (૩) માં બતાવ્યા મુજબ નોંધો.

(૫):—ઉપરના પ્રયોગોમાંથી વસ્તુને ભારેહલકી શ્રેણીમાં ગોઠવો.

(૬):—ઉપરના પ્રયોગો પાઉંડ અને ફૂટનાં માપ વાપરી કરો.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે એક જ વસ્તુના ગમે તેટલા ટુકડા લઈએ પરંતુ તેનાં વજન અને કદનો ગુણોત્તર (ratio) જે છેલ્લા ખાનામાં મૂક્યો છે તે સરખોજ રહે છે. એ ગુણોત્તર એક ઘન સેંટીમિટર કદના ટુકડાનું વજન બતાવે છે. આ ઉપરથી આપણે સમજી શકીએ છીએ કે કોઈ પણ વસ્તુના એક ઘન સેંટીમિટર કદના ટુકડાનું વજન હંમેશા નિયત (fixed) હોય છે. એજ પ્રમાણે (૬) પ્રયોગમાંથી એક ઘન ફૂટ કદની વસ્તુનું વજન નીકળશે.

ઘનતાની વ્યાખ્યા:—

એક ઘન સેંટીમિટર અથવા એક ઘન ફૂટ કદની વસ્તુનું વજન (દ્રવ્યમાન) વસ્તુની ઘનતા (density) દર્શાવે છે. ગમે તે જાતનાં માપ વાપરીએ તો **એકમ (unit) કદની વસ્તુનાં વજનને (દ્રવ્યમાનને) વસ્તુની ઘનતા કહેવામાં આવે છે.**

એક વસ્તુની ઘનતા તે જ પરિસ્થિતિમાં ગમે ત્યારે માપીએ તોપણ તેની તે જ રહે છે, એટલે ઘનતાનું માપ કાઢવાથી દરેક વસ્તુની ઘટ્ટતાનો અથવા ભારેહલકાપણાનો ખ્યાલ આવે છે. પ્રયોગ (૩) માં છેલ્લાં ખાનામાં ઘન વસ્તુની ઘનતા મળી આવે છે. એ જ પ્રમાણે પ્રયોગ (૪) માંથી પ્રવાહીની ઘનતા મળે છે. એ ઘનતાને ભારે હલકી શ્રેણીમાં ગોઠવી કયી વસ્તુ પ્રમાણમાં વધુ ભારે છે અને કયી હલકી છે એ તારવી શકાય છે.

દશાંશ પદ્ધતિમાં ઘનતા એક ઘન સેંટીમિટર કદની વસ્તુનું વજન ગ્રામમાં દર્શાવે છે એટલે કોઈ પણ વસ્તુની ઘનતા દર્શાવતી વખતે તેની પાછળ ગ્રામ દર સેંટીમિટર (ટૂંકમાં ગ્રા./ઘ. સેમિ.) ના એકમથી દર્શાવવામાં આવે છે. એ જ પ્રમાણે બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં ઘનતા પાઉંડ દર ઘન ફૂટ (ટૂંકમાં, પા./ઘ. ફૂ.) એમ લખાય છે. દાખલા તરીકે, લોખંડની ઘનતા બતાવવી હોય તો દશાંશ પદ્ધતિમાં ૭·૪ ગ્રા./ઘ. સેમિ. (gms. / cc.) લખાય છે અને બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં ૪૬૨·૫ પા. / ઘ. ફૂ. (lb. / c. ft.) લખાય છે. દશાંશ પદ્ધતિ અને બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં ઘનતાનાં માપ જુદાં આવે છે.

ઘનતાની વ્યાખ્યા ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે :—

$$\text{ઘનતા} = \frac{\text{વજન}}{\text{કદ}}, \qquad \text{Density} = \frac{\text{Mass}}{\text{Volume}}$$

$$\text{ટૂંકમાં } \text{ઘ} = \frac{\text{વ}}{\text{ક}}, \qquad d = \frac{m}{v}$$

૩. ઘનતા ઉપરથી કદનું માપ. જો વસ્તુનું વજન અને કદ જાણતા હોઈએ તો ઘનતા શોધી કઢાશે. જો ઘનતા અને વજન જાણતા હોઈએ તો વસ્તુનું કદ મેળવી શકાશે. જે વસ્તુનું કદ શોધવું હોય તેનું વજન કાઢવું અને વજનને ઘનતા વડે ભાગવાથી વસ્તુનું કદ મળશે.

કદ = વજન / ઘનતા, volume = mass / density.

૪. વિશિષ્ટ ઘનતા (Specific gravity). પ્રયોગઃ—(૭) એક વસ્તુનું વજન (વ_1, m_1) ગ્રામમાં અને પાઉંડમાં કરો. ત્યાર પછી તેને સ્થળાંતર પાત્રમાં ડુબાવી સ્થળાંતર થયેલાં પાણીને એક પહેલેથી તોલેલા કાચના જામમાં ભેગું કરો. એ પાણી વસ્તુના (કદના) જેટલાં જ કદનું છે. કાચનાં જામ સાથે પાણીનું વજન (વ_2, m_2) ગ્રામમાં અને પાઉંડમાં કરો.

જામનું વજન બાદ કરવાથી વસ્તુના જેટલાં કદનાં પાણીનું વજન મળશે. હવે વસ્તુના ગ્રામમાં આવેલાં વજનને તેનાથી સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનાં (ગ્રામમાં) વજનથી ભાગો. એજ પ્રમાણે વસ્તુનાં પાઉંડમાં આવેલાં વજનને સ્થળાંતર થયેલા પાણીનાં (પાઉંડમાં) વજનથી ભાગો. તમારાં અવલોકનની નીચે પ્રમાણે નોંધ કરો.

	વસ્તુનું વજન વ૧ (m_1)	સ્થળાંતર થયેલા પાણીનું વજન વ૨ (m_2)	$\frac{\text{વસ્તુનું વજન}}{\text{સ્થળાંતર પાણીનુ વજન}} = \frac{વ_1}{વ_2} = \frac{m_1}{m_2}$ = વિશિષ્ટ ઘનતા (sp. gr.)
ગ્રામમાં			
પાઉંડમાં			

ઉપરની વસ્તુનો બીજો ટુકડો લઈ ફરીથી આ જ પ્રયોગ કરો.

આકૃતિ ૧૯.



વિશિષ્ટ ઘનતા શીશી
Specific gravity bottle

(૮):—બીજી ઘન વસ્તુ લઈ તેના ઉપર પણ (૭) માં દર્શાવેલો પ્રયોગ કરો.

(૯):—એક વિશિષ્ટ ઘનતા શીશી લઇ તેનું વજન કરો (વ૧, m_1). તેમાં એકાદ પ્રવાહી ભરી તેનું વજન કરો (વ૨, m_2). પછી એ પ્રવાહી ખાલવી નાંખી, શીશી સાફ કરી અંદર પાણી ભરો અને પાછું વજન કરો (વ૩, m_3). બીજી મોટી શીશી લઈ ફરીથી આ પ્રયોગ કરો. વજન એકવાર ગ્રામમાં અને ફરીથી પાઉંડમાં કરવું. દરેક પ્રયોગમાં પ્રવાહીનું વજન કાઢી પાણીનાં વજનથી ભાગો. નીચે પ્રમાણે નોંધ કરો.

	વ₁ m_1	વ₂ m_2	વ₃ m_3	પ્રવાહીનું વજન વ₂–વ₁ m_2-m_1	પાણીનું વજન વ₃–વ₁ m_3-m_1	પ્રવાહીનું વજન / પાણીનું વજન $= \frac{વ_2 - વ_1}{વ_3 - વ_1} = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1}$ = વિશિષ્ટ ઘનતા = sp. gr.
ગ્રામમાં						
પાઉંડમાં						

(૧૦) ઉપરનો પ્રયોગ જુદાંજુદાં પ્રવાહી લઈ કરો.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી એક બાબત એ માલૂમ પડે છે કે એકસરખા કદના વસ્તુનાં વજનનો અને પાણીનાં વજનનો ગુણોત્તર એકસરખો જ રહે છે. કદ ગમે તેવડું હોય અને વજન ગમે તે પદ્ધતિમાં આપ્યું હોય, પરંતુ પાણીની સરખામણીમાં વસ્તુનું ભારેપણું હમેશાં એક ચોક્કસ આંકડા વડે દર્શાવી શકાય છે. પ્રયોગો (૮) અને (૬) માં છેલ્લાં ખાના પરથી આ વસ્તુ ચોખ્ખી દેખાઈ આવે છે. આ આંકડાંને વિશિષ્ટ ઘનતા કહેવામાં આવે છે.

વિશિષ્ટ ઘનતાની વ્યાખ્યા:—

એક વસ્તુનાં વજનને તેનાં જ જેટલાં કદના પાણીનાં વજનથી ભાગતાં જે ગુણોત્તર (ratio) આવે તેને વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા કહેવામાં આવે છે.

અથવા

વિશિષ્ટ ઘનતા એટલે વસ્તુની ઘનતા અને પાણીની ઘનતાનો ગુણોત્તર.

એ જ પ્રમાણે એકમ (unit) કદની વસ્તુનાં વજનને તેટલાં

જ કદનાં પાણીનાં વજનથી ભાગીએ તોપણ વિશિષ્ટ ઘનતા મળી આવે છે. એકમ (unit) કદની વસ્તુનું વજન વસ્તુની ઘનતા બતાવે છે, એટલે વસ્તુની ઘનતાને પાણીની ઘનતાથી ભાગીએ તોપણ વિશિષ્ટ ઘનતા મળી આવે છે.

$x = \text{क्ष}$ = વસ્તુનું વજન.

$y = \text{य}$ = એટલાજ કદના પાણીનુ વજન.

$v = \text{क}$ = વસ્તુનું અને પાણીનુ કદ.

$\frac{x}{v} = \frac{\text{क्ष}}{\text{क}}$ = વસ્તુની ઘનતા

$\frac{y}{v} = \frac{\text{य}}{\text{क}}$ = પાણીની ઘનતા.

વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા. $= \frac{\text{વસ્તુની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}} = \frac{\text{क्ष}}{\text{क}} - \frac{\text{य}}{\text{क}} = \frac{\text{क्ष}}{\text{य}}$

$$= \frac{x}{v} - \frac{y}{v} = \frac{x}{y} = \frac{\text{વસ્તુનું વજન}}{\text{એટલાજ કદના પાણીનુ વજન}}$$

$$\text{Specific gravity} = \frac{\text{Density of the body}}{\text{Density of water}}$$

$$= \frac{\text{Weight of body}}{\text{Weight of an equal volume of water}}$$

આ ઉપરથી સમજાય છે કે વિશિષ્ટ ઘનતા દરેક વસ્તુની ઘનતાની પાણીની ઘનતા સાથે સરખામણી બતાવે છે, એટલે કે એક વસ્તુ પાણીથી કેટલાગણી ભારે છે તે વિશિષ્ટ ઘનતા વડે જણાય છે ઘનતાનું માપ બ્રિટીશ પદ્ધતિમા અને દશાશ પદ્ધતિમાં જુદું આવે છે, પરતુ વિશિષ્ટ ઘનતાનુ માપ એક જ રહે છે.

દાખલા તરીકે દશાશ પદ્ધતિમા પાણીની ઘનતા ૧ ગ્રા/ઘ સેમિ છે અને લોખડની ઘનતા ૭૪ ગ્રા/વ સેમિ છે, એટલે લોખડની વિશિષ્ટ ઘનતા ૭૪ છે એ જ પ્રમાણે બ્રિટીશ પદ્ધતિમા પાણીની ઘનતા ૬૨ ૫ પા/વ ફૂ. છે અને લોખડની ઘનતા ૪૬૨ ૫ પા/ઘ ફૂ છે, એટલે:

લોખંડની વિશિષ્ટ ઘનતા = $\frac{\text{લોખંડની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}} = \frac{૪૬૨\cdot૫}{૬૨\cdot૫} = ૭\cdot૪$

આ પ્રમાણે વિશિષ્ટ ઘનતાનું માપ બન્ને પદ્ધતિમાં એક જ આવે છે.

૫. ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતાનો સંબંધ. (૧) ઘનતા એટલે એકમ કદની વસ્તુનું વજન અને વિશિષ્ટ ઘનતા એટલે વસ્તુની ઘનતા અને પાણીની ઘનતાનો ગુણોત્તર.

(૨) ઘનતાને હંમેશાં પા./ઘ. ફૂ. અથવા ગ્રા./ઘ. સેમિ. ના એકમ વડે દર્શાવવામાં આવે છે. વિશિષ્ટ ઘનતા હંમેશાં સાદા આંકડા વડે દર્શાવવામાં આવે છે, કારણ કે એ માત્ર બે વજનનો અથવા બે ઘનતાનો ગુણોત્તર છે.

(૩.) જુદાંજુદાં માપની પદ્ધતિમાં એક વસ્તુની ઘનતાનું મૂલ્ય હમેશાં જુદું જ આવે છે, પરંતુ વિશિષ્ટ ઘનતા માત્ર પાણીની સાથે સરખામણી બતાવતી હોવાથી ગમે તે માપની પદ્ધતિ હોય તો પણ તેની તે જ રહે છે.

પ્રયોગ (૭) અને (૯) થી માલૂમ પડે છે કે દશાંશ કે બ્રિટીશ પદ્ધતિ વાપરીએ તોપણ વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા તેની તે જ રહે છે. કેટલીકવાર બે વસ્તુની ઘનતાની સરખામણી કરવા માટે સાપેક્ષ ઘનતા (relative density) માપવામાં આવે છે. લોખંડની ઘનતાને એલ્યુમિનિયમની ઘનતાથી ભાગીએ અને જે ગુણોત્તર (ratio) આવે તેને લોખંડની એલ્યુમિનિયમ સાથેની સાપેક્ષ ઘનતા કહેવામાં આવે છે.

દશાંશ પદ્ધતિમાં ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતાના આંકડા સરખા જ હોય છે, કારણ કે પાણીની ઘનતા ૧ ગ્રા./ઘ. સેમિ. છે. આથી કોઈ વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા જાણતા હોઈએ તો દશાંશ પદ્ધતિમાં તેની ઘનતા તરત જ માલૂમ પડી આવે છે.

$$\text{વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{વસ્તુની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}}$$

એટલે

વસ્તુની ઘનતા = વિશિષ્ટ ઘનતા × પાણીની ઘનતા.

બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં પાણીની ઘનતા ૬૨·૫ પા./ઘ. ફૂ. છે, એટલે ઉપરના સમીકરણથી એ પદ્ધતિમાં પણ વસ્તુની ઘનતા શોધી શકાય છે.

કેટલીક વસ્તુની ઘનતા

(ગ્રામ દર ઘન સેંટીમિટરમાં)

ઓકનું લાકડું	૦·૮	ચાંદી	૧૦·૫
બરફ	૦·૯	સીસું	૧૧·૩
એલ્યુમિનિયમ	૨·૫૮	સોનું	૧૯·૩
કાચ	૨·૬	પ્લેટિનમ	૨૧·૪
જસત	૭·૧	કેરોસિન	૦·૭૫
લોખંડ	૭·૪	આલ્કોહોલ	૦·૭૯
પિત્તળ	૮·૫	ગ્લિસરિન	૧·૨૬
તાંબુ	૮·૯	હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ	૧·૨૭
નીકલ	૮·૯	પારો	૧૩·૬

સાર

૧. દરેક વસ્તુ એકસરખી ભારે હોતી નથી. જુદીજુદી વસ્તુનું ભારે હલકાપણું સરખાવવા ઘનતાનું માપ કાઢવું પડે છે.

૨. એકમ (unit) કદની વસ્તુનાં વજનને (દ્રવ્યમાનને) વસ્તુની ઘનતા કહેવામાં આવે છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં કોઈપણ વસ્તુના એક ઘન સેંટીમિટર કદનાં ગ્રામમાં વજનને (દ્રવ્યમાનને) તેની ઘનતા કહેવામાં આવે છે અને તે ગ્રામ દર સેંટીમિટર (ગ્રા./ઘ. સેમિ.) વડે દર્શાવવામાં આવે છે. એ જ પ્રમાણે બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં એક ઘન ફૂટ કદની વસ્તુના પાઉંડમાં વજનને (દ્રવ્યમાનને) તેની ઘનતા કહેવામાં આવે છે, અને તેને પાઉંડ દર ઘન ફૂટ (પા./ઘ. ફૂ.) વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

૩. આપેલી વસ્તુનાં વજન અને કદ શોધી વજનને કદ વડે ભાગવાથી વસ્તુની ઘનતા મળી આવે છે.

૪. જુદાંજુદાં માપની પદ્ધતિમાં ઘનતાનાં માપ જુદાંજુદાં આવે છે આથી વસ્તુને પાણીની ઘનતા સાથે સરખાવવામાં આવે છે. વસ્તુની ઘનતાને પાણીની ઘનતા વડે ભાગવાથી જે ગુણોત્તર આવે તેને વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા કહેવામાં આવે છે. વસ્તુનાં વજનને તેટલાં જ કદનાં પાણીનાં વજન વડે ભાગવાથી પણ વિશિષ્ટ ઘનતાનું માપ નીકળે છે.

(૧) જુદીજુદી માપની પદ્ધતિમાં ઘનતાનુ મૂલ્ય જુદું આવે છે, ઘનતાને ગ્રા./ઘ. સેમિ. અથવા પા./ઘ. ફૂ. વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

(૨) વિશિષ્ટ ઘનતા એ માત્ર ગુણોત્તર (ratio) છે અને ગમે તે માપની પદ્ધતિમાં તેનું મૂલ્ય એકસરખું જ રહે છે. વિશિષ્ટ ઘનતા માત્ર આંકડા વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

૫. વસ્તુનાં વજનને સ્થળાંતર પાત્ર વડે તે વસ્તુથી સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનાં વજનથી ભાગવાથી વિશિષ્ટ ઘનતા મળે છે. વસ્તુનું કદ અને તેટલાં જ કદનાં પાણીનું વજન માપી ,વસ્તુનાં વજનને તેટલાં જ કદનાં પાણીનાં વજનથી ભાગવાથી વિશિષ્ટ ઘનતા મળે છે. વસ્તુની ઘનતાને પાણીની ઘનતાથી ભાગવાથી પણ વિશિષ્ટ ઘનતા મળે છે.

૬. પાણી સિવાયની ગમે એ વસ્તુની ઘનતાના ગુણોત્તરને સાપેક્ષ ઘનતા (relative density) કહેવામા આવે છે.

પ્રશ્નો

(૧) વિશિષ્ટ ઘનતા એટલે શું ? ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતા વચ્ચેનો તફાવત સમજાવો.

(૨) વિરૂપાકાર (irregular) વસ્તુની ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતા કેમ નક્કી કરી શકાય ? પ્રવાહીની ઘનતા કેમ કાઢવામા આવે છે ?

(૩) પ્રવાહીની ઘનતા શોધવાના પ્રયોગનું વર્ણન કરો.

(૪) ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતાની વ્યાખ્યા આપો.

(૫) એક વસ્તુની ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતાનાં માપ જમીન ઉપર અને ઘણા ઊંચા પર્વત ઉપર, કાઢીએ તો તેમાં કંઈ ફેર પડશે કે ? કારણ આપી સમજાવો

પ્રકરણ ૪

આર્કિમિડિસનો નિયમ અને પ્રવાહીનું દબાણ

૧. આર્કિમિડિસ. પદાર્થવિજ્ઞાનના મહાન શોધકોમાં આર્કિમિડિસનું નામ આગળ તરી આવે છે; કારણ કે પદાર્થવિજ્ઞાનનો પ્રથમ વ્યવસ્થિત અભ્યાસ તેના સમયથી શરુ થયેલો ગણાય છે. એ વૈજ્ઞાનિક ૨૦૦૦ વર્ષ પૂર્વે ગ્રીસના સીરેકસ નામના શહેરમાં થઈ ગયો હતો. ત્યાંનો રાજા હેરો એની શોધમાં ખૂબ રસ લેતો હતો. એકવાર સમુદ્ર કિનારે લાધી ગયેલાં વહાણને ઘણા માણસો પાછું સમુદ્રમાં ઉતારી ન શક્યાં. આ વખતે આર્કિમિડિસે રાજાને કહ્યું કે કોઈની મદદ વિના તે વહાણને સમુદ્રમાં ઉતારી શકશે. બધાનાં આશ્ચર્ય વચ્ચે તેણે વહાણને ઉચ્ચાલન અને ગરગડી વડે એકલે હાથે સમુદ્રમાં ઉતાર્યું. આથી આર્કિમિડિસનું માન વધ્યું.

ગરગડી અને ઉચ્ચાલન વાપરી એણે મોટાં વજનો ઊંચકી શકાય તેવાં યંત્રો બનાવ્યાં હતાં અને તેનો ઉપયોગ સીરેકસ શહેર ઉપર રોમન લોકોએ ઘેરો ઘાલ્યો ત્યારે શહેરનાં રક્ષણ માટે ઘણી જ અસરકારક રીતે કર્યો હતો. જ્યારે રોમન લોકો શહેર નજીક વહાણ લાવી મોટી સીડી વડે કિલ્લા ઉપર ચઢવાનો પ્રયત્ન કરતા, ત્યારે એકાએક મોટા ઊંટડા (cranes) ના લાંબા હાથો મોટાં વજન સાથે બહાર નીકળી આવતા અને તે વડે વજનો વહાણ ઉપર ફેંકવામાં આવતાં. આવી રીતે રોમન લોકોને હઠાવી કાઢવામાં આવ્યા હતા.

આર્કિમિડિસ એમ કહેતો કે જો એને ઊભા રહેવાને પૃથ્વી સિવાય બીજો આધાર મળે તો તે આખી પૃથ્વીને ઊંચકી ફેંકી દઈ શકે. તેણે ઘણાં યંત્રો શોધ્યાં હતાં જેમાં ચક્રાકાર સ્ક્રૂ

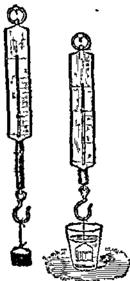
(worm gear) અને પાણી ઊંચે ચઢાવવાનું આર્કિમિડિસ સ્ક્રૂ પ્રખ્યાત છે.

૨. આર્કિમિડિસનો નિયમ કેવી રીતે જડ્યો. આર્કિમિડિસનો નિયમ એને અકસ્માત જ સૂઝેલો. હેરો રાજા ગાદી ઉપર આવ્યો ત્યારે તેણે દેવોને અર્પણ કરવા સુવર્ણનો મુકુટ તૈયાર કરાવ્યો. મુકુટ બહુ સુંદર હતો પરંતુ તેને એમ શંકા પડી કે મુકુટમાં સોનાને બદલે થોડું રુપું મેળવેલું હતું. હેરો ગુસ્સે થયો પરંતુ સુંદર કારીગીરીનું કાર્ય ભાંગી નાંખી વહેમ દૂર કરવાનું તેને યોગ્ય લાગ્યું નહિ, એટલે તેણે એ પ્રશ્નનો ઉત્તર આપવા આર્કિમિડિસને કહ્યું. એક વાર જ્યારે આર્કિમિડિસ પોતાના સ્નાનગૃહમાં નહાતો હતો ત્યારે તેણે જોયું કે પાણીનાં ભરેલાં વાસણમાંથી તેનાં શરીરનાં કદ જેટલું પાણી ઊભરાઈ ગયું અને પાણીમાં એના શરીરનું વજન હલકું લાગ્યું. આ ઉપરથી તેને એકાએક હેરોના પ્રશ્નનો જવાબ આપવાની યુક્તિ સૂઝી આવી અને તે એટલો આનંદિત થયો ગયો કે તેની અવસ્થાનું ભાન ભૂલી "યુરેકા, યુરેકા" (મેં શોધી કાઢ્યું, મેં શોધી કાઢ્યું) કહી નવસ્ત્રો બહાર દોડી ગયો. ત્યાર પછી તેણે મુકુટ જેટલા વજનનું સોનું અને તેટલાં જ વજનનું રુપું લઈ પાણીમાં ડુબાવી બન્ને ધાતુનું વજન કર્યું અને તે પ્રયોગથી મુકુટમાં કેટલા પ્રમાણમાં રુપું ભળેલું હતું તે શોધી કાઢ્યું.

૩. આર્કિમિડિસનો નિયમ. આપણે સાધારણ રીતે અનુભવીએ છીએ કે જ્યારે એક ભારે વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવીએ ત્યારે એનું વજન ઓછું લાગે છે. જે પથ્થરને હવામાં ખસેડી શકાતો નથી તેને પાણીમાં સહેલાઈથી ખસેડી શકાય છે. કૂવામાંથી પાણી કાઢતા હોઈએ તો આ બાબત ઘણી સ્પષ્ટ જણાઈ આવે છે.

પાણીથી ભરેલું વાસણ જ્યાંસુધી પાણીમાં ડૂબેલું હોય છે ત્યાંસુધી ઘણું હલકું લાગે છે, પરંતુ પાણીથી બહાર નીકળતાં જ એ ભારે લાગે છે. એ ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે પાણીની અંદર ડૂબેલી વસ્તુનો ભાર ઓછો થાય છે.

આકૃતિ ૨૦.



પ્રવાહીમાં વસ્તુને ડુબાવતાં થતો ભારનો ઘટાડો

એ જ પ્રમાણે બીજા કોઈપણ પ્રવાહીમાં વસ્તુને ડુબાવીએ તો તેમાં પણ વસ્તુ હલકી લાગે છે. આ બાબત નીચેના પ્રયોગો કરવાથી સ્પષ્ટ સમજાશે.

પ્રયોગઃ—(૧) આકૃતિ (૨૦) માં બતાવ્યા મુજબ એક કમાનકાંટા (spring balance) વડે એક વસ્તુને તોલો. ત્યાર બાદ બાજુમાં બતાવ્યા મુજબ તે જ વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવી તોલો. વસ્તુ પ્યાલાને અડકવી ન જોઈએ, અને પાણીમાં પૂર્ણ ડૂબેલી હોવી જોઈએ. કમાનકાંટા ઉપર તરત જ ભાર ઓછો થયેલો માલૂમ પડશે, પ્રયોગની નીચે મુજબ નોંધ કરો. જુદા જુદા પદાર્થોને આ જ પ્રમાણે તોલો.

વસ્તુનું નામ	વસ્તુનો હવામાં ભાર વ૧ (w_1)	વસ્તુનો પાણીમાં ભાર વ૨ (w_2)	ભારમાં થયેલો ઘટાડો વ૧ − વ૨ ($w_1 - w_2$)	વિશિષ્ટ ઘનતા $= \frac{વ_૧}{વ_૧ - વ_૨} = \frac{w_1}{w_1 - w_2}$

(૨) એક સ્થળાંતર પાત્રમાં પાણી, કેરોસિન, ગ્લિસરિન વગેરે પ્રવાહી લઈ તેમાં ઉપરની વસ્તુનો ભાર વારાફરતી માપો દરેક વખતે સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનો ભાર શોધી કાઢો. વસ્તુના હવાના ભારમાંથી પ્રવાહીમાં થયેલા ભારને બાદ કરો એટલે વસ્તુના ભારમાં થયેલો ઘટાડો મળશે. નીચે પ્રમાણે પ્રયોગની નોંધ કરો.

વસ્તુનો હવામાં ભાર વ૧, W_1	પ્રવાહીનું નામ	વસ્તુનો પ્રવાહીમાં ભાર વ૨, W_2	ભારનો ઘટાડો વ૧ − વ૨ $W_1 - W_2$	સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનો ભાર વ૩, W_3
	પાણી કેરોસિન ગ્લિસરિન આલ્કોહોલ			

ઉપરના પ્રયોગ (૧) વડે નીચેની બે બાબતની ખાતરી થાય છે.

(૧) પ્રવાહીમાં એક વસ્તુને ડુબાવીએ તો તેના ભારમાં ઘટાડો થાય છે, અને -

(૨) વસ્તુના ભારને પાણીમાં ડૂબવાથી થયેલા તેના ભારના ઘટાડા વડે ભાગીએ તો તે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા મળે છે.

પ્રયોગ (૨) વડે નીચેની બે બાબતની ખાતરી થાય છે.

(૧) જે પ્રવાહી વધુ ઘટ્ટ (જેની ઘનતા વધુ) હોય તેમાં ડૂબવાથી વસ્તુના ભારમાં વધુ ઘટાડો થાય છે.

(૨) ડૂબવાથી વસ્તુના ભારમાં થયેલો ઘટાડો અને સ્થળાંતર પ્રવાહીનો ભાર બંને સરખા હોય છે.

ઉપરની ઘટનાનો પ્રથમ શોધક આર્કિમિડિસ હતો અને તેણે એ ઉપરથી એક નિયમ રચ્યો છે. આ નિયમને આર્કિમિડિસનો નિયમ કહેવામાં આવે છે. એ નીચે આપ્યો છે.

આર્કિમિડિસના નિયમની વ્યાખ્યા:—

"એક વસ્તુને કોઈપણ પ્રવાહીમાં ડુબાવતાં એના ભારમાં* જે ઘટાડો થાય તે વસ્તુના કદ જેટલાં (વસ્તુએ સ્થળાંતર કરેલાં) પ્રવાહીના ભારના જેટલોજ થાય છે."

"The loss in weight of a body immersed in a liquid is equal to the weight of the liquid displaced (weight of the liquid of an equal volume)"

ટૂંકમાં,

પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુના ભારનો ઘટાડો.	=	વસ્તુનાં જેટલાં જ કદના પ્રવાહીનો ભાર.

૪. આર્કિમિડિસના નિયમના ઉપયોગો. (अ) આ નિયમનો ઉપયોગ સહેલાઈથી કદ માપ્યા વિના ઘન અને પ્રવાહી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા માપવામાં થાય છે.

પ્રયોગ (૧) અને (૨) ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે જો એક વસ્તુને હવામાં અને પાણીમાં તોલીએ તો

વસ્તુના ભારમાં થયેલો ઘટાડો	=	વસ્તુના જેટલાં જ કદના પાણીનો ભાર

એટલે જે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધવી હોય તેને માટે

* **નોંધ** —આર્કિમિડિસના નિયમનો ઉપયોગ કરતી વખતે ધ્યાનમા રાખવાની જરુર છે કે પ્રવાહીમા ડૂબવાથી તોલમા જે ફેર પડે છે તે વસ્તુના ભારમા પડે છે, દ્રવ્યમાન (વજન) જેટલુ ને તેટલુ જ રહે છે આથી દરેક જગ્યાએ વજનને બદલે ભાર લખ્યો છે

(૧) માં બતાવ્યા મુજબ પ્રયેાગ કરવેા અને પાણીમાં ડુબાડવાથી વસ્તુના ભારમાં થયેલા ઘટાડેા શેાધી કાઢવેા.

$$\text{વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{વસ્તુનેા ભાર}}{\text{એટલા જ કદના પાણીનેા ભાર}}$$

$$= \frac{\text{વસ્તુનેા ભાર}}{\text{પાણીની અંદર વસ્તુના ભારનેા થયેલો ઘટાડો}}$$

$$= \frac{\text{વ}_1}{\text{વ}_1 - \text{વ}_2} = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

(બ) બીજો ઉપયેાગ વસ્તુનું કદ શેાધવામાં પણ થાય છે. જો વસ્તુને પાણીમાં તેાલી ભારનેા ઘટાડેા શેાધીએ તેા તેટલાં જ કદનાં પાણીનેા ભાર મળે છે. હવે દશાંશ પદ્ધતિમાં જેટલા ગ્રામ પાણીનેા ભાર તેટલા જ ઘન સેંટીમિટર તેનું કદ હેાય છે, એટલે ૫ ગ્રામ પાણી હેાય તેનુ કદ પણ ૫ ઘન સેંટીમિટર હેાય છે.

(ક) આર્કિમિડિસના નિયમ વડે પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા પણ શેાધી શકાય છે.

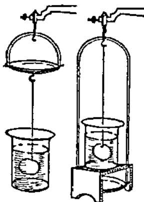
પ્રયેાગ (૨) મા આપણે જોયું કે સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીનેા ભાર વસ્તુના ભારમા થયેલા ઘટાડાની બરાબર છે આથી જુદાંજુદા પ્રવાહીમા થયેલેા વસ્તુના ભારનેા ઘટાડેા આપણને તે તે વસ્તુનાં કદ જેટલા પ્રવાહીનેા ભાર બતાવે છે. આથી પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા શેાધવા નીચેનેા પ્રયેાગ કરવેા.

પ્રયેાગ (૩)—એક મીસાનેા ગેાળેા લઈ તેનુ હવામાં વજન કરેા (વ_1) ત્યાર પછી આકૃતિ (૨૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એ ગેાળાને પાણીમા લટકાવી તેનેા ભાર માપેા (વ_2) (આ રીતે ભાર માપતી વખતે ત્રાજવાનુ પલ્લુ છૂટુ રહેવુ જોઈએ) હવે જામમા બીજુ પ્રવાહી લઈ ફરીથી ગેાળાનેા ભાર માપેા (વ_3) હવે પાણીમા અને પ્રવાહીમાં ડુબાવતા ગેાળાના ભારમા થયેલેા ઘટાડેા શેાધી કાઢેા પ્રવાહીમા થયેલા ભારના ઘટાડાને પાણીમા

થયેલા ઘટાડાથી ભાગવાથી પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા મળશે. નીચે પ્રમાણે અવલોકનની નોંધ કરો.

પ્રવાહી નું નામ	ગોળાનો હવામાં ભાર વ₁ w_1	ગોળાનો પાણીમાં ભાર વ₂ w_2	ગોળાનો પ્રવાહીમાં ભાર વ₃ w_3	પાણીમાં ભારનો ઘટાડો વ₁ – વ₂ $w_1 - w_2$	પ્રવાહીમાં થયેલો ભારનો ઘટાડો વ₁ – વ₃ $w_1 - w_3$	પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા $= \frac{व_1 - व_3}{व_1 - व_2} = \frac{w_1 - w_3}{w_1 - w_2}$

આકૃતિ ૨૧.



પ્રયોગ (૪):—પાણીથી હલકી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધવાની રીત:- પ્રથમ એક પથ્થરને દોરી બાંધી ત્રાજવાનાં પલ્લાં સાથે બાંધી તેનો પાણીમાં ભાર માપો ($व_1$, w_1). જે લાકડાના ટુકડાની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધવાની છે તેને પલ્લામાં મૂકી, પાણીમાં લટકેલા પથ્થર સાથે ભાર માપો ($व_2$, w_2). હવે પથ્થર અને લાકડાના ટુકડાને સાથે બાંધી બન્નેને પાણીમાં ડુબાવી બન્નેનો સાથે ભાર માપો ($व_3$, w_3).

વસ્તુને પ્રવાહીમાં તોલવાની બે રીત આકૃતિ (૨૧) માં બતાવી છે.

માત્ર પથ્થરનો પાણીમાં ભાર $= વ_1 = W_1$

પથ્થરનો પાણીમાં ભાર + લાકડાનો હવામાં ભાર $= વ_2 = W_2$

પથ્થરનો પાણીમાં ભાર + લાકડાનો પાણીમાં ભાર $= વ_3 = W_3$

આથી

લાકડાનો હવામાં ભાર $= વ_2 - વ_1 = W_2 - W_1$

લાકડાને પાણીમાં ડુબાવી તોલતાં

થયેલો ભારનો ઘટાડો $= વ_2 - વ_3 = W_2 - W_3$

એટલે

લાકડાના ટુકડા જેટલાં પાણીનો ભાર $= વ_2 - વ_3 = W_2 - W_3$

$$\text{લાકડાની વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{લાકડાનો હવામાં ભાર}}{\text{તેટલાં જ કદના પાણીનો ભાર}}$$

$$= \frac{વ_2 - વ_1}{વ_2 - વ_3} = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3}$$

આ રીતે મીણ, બૂચ વગેરે પાણીથી હલકી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધી કાઢો. તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

વસ્તુનું નામ	પથ્થરનો પાણીમાં ભાર $વ_1, W_1$	પથ્થરનો પાણીમાં +વસ્તુનો હવામાં ભાર $વ_1, W_2$	પથ્થરનો તેમજ વસ્તુનો પાણીમાં ભાર $વ_3, W_3$	વસ્તુનો હવામાં ભાર $વ_2 - વ_1$ $W_2 - W_1$	પાણીમાં વસ્તુના ભારનો ઘટાડો $વ_2 - વ_3$ $W_2 - W_3$	વિશિષ્ટ ઘનતા $= \frac{વ_2 - વ_1}{વ_2 - વ_3}$ $= \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3}$
લાકડું						
મીણ						
બૂચ						

ઉપરના પ્રયેાગ (૩) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે

$વ_૧ - વ_૩$ = પ્રવાહીમાં થયેલા ભારનેા ઘટાડો
= વસ્તુનાં કદ જેટલાં પ્રવાહીનેા ભાર.

$વ_૧ - વ_૨$ = પાણીમાં થયેલા ભારનેા ઘટાડો
= વસ્તુનાં કદ જેટલાં પાણીનેા ભાર.

એટલે એકસરખા કદનું પ્રવાહીનેા અને પાણીનેા ભાર આપેાઆપ મળી આવે છે.

$$\text{વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{પ્રવાહીનેા ભાર}}{\text{એટલાં જ કદનાં પાણીનેા ભાર}}$$

$$= \frac{\text{આપેલી વસ્તુનાં કદ જેટલાં પ્રવાહીનેા ભાર}}{\text{,,}\quad\text{,,}\quad\text{,}\quad\text{,,}\quad\text{પાણીનેા ભાર}}$$

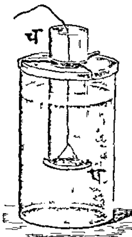
$$= \frac{વ_૧ - વ_૩}{વ_૧ - વ_૨} = \frac{W_1 - W_3}{W_1 - W_2}$$

[નેાંધ :—પ્રયેાગ (૪) માં પાણીથી હલકી વસ્તુ પાણીમાં આપમેળે ડૂબતી ન હેાવાથી એવી વસ્તુને પથ્થર જેવી ભારે વસ્તુની સાથે બાંધીને પાણીમાં ડુબાવવી પડે છે. આવી રીતે બાંધેલા પથ્થરને ડૂબક (sinker) કહેવામાં આવે છે. હલકી વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવતાં ઊંચે આવવા પ્રયત્ન કરે છે, એટલે છઠ્ઠાં ખાનામાં વસ્તુના ભારનેા ઘટાડેા વસ્તુના ભાર કરતાં વિશેષ આવે છે.

આ રીતે લાકડા જેવી હલકી વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવતાં ભારનેા જે ઘટાડેા થાય છે તે વસ્તુના ભાર કરતાં વધુ હેાય છે.]

૫. પાણીમાં ડૂબેલી વસ્તુ ઉપર લાગતું દબાણ. પ્રયેાગ:— (૧) એક કાચની ચીમની (ચ) લઈ તેને નીચેથી એક કાચની પ્લેટ વડે બંધ કરેા. હવે એ ચીમનીને (આકૃતિ ૨૨) માં બતાવ્યા મુજબ પાણીમાં ડુબાવેા. એમ કરવાથી માલૂમ પડશે કે કાચની પ્લેટ પડી

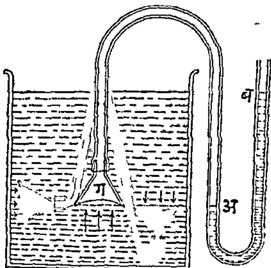
આકૃતિ ૨૨.



જતી નથી હવે ધીમે ધીમે ચીમનીમાં પાણી રેડો. જ્યારે ચીમનીમાંનાં અને બહારનાં પાણીની સપાટી લગભગ એકસરખી થાય ત્યારે જ પ્લેટ પડી જશે. ચીમનીને ફરીથી વત્તીઓછી ડુબાવી ઉપરનો પ્રયોગ પાછો કરો. દરેક વખતે પ્લેટ નીચે પડે ત્યારના ચીમનીમાંનાં પાણીની સપાટી અને બહારનાં પાણીની સપાટી સરખી થાય છે એની નોંધ કરો.

(૨) આકૃતિ (૨૩) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચની U-નળી લો અને તેમાં થોડુ રંગવાળુ પાણી ઉમેરો. હવે એક ગળણી (ગ) ને એ કાચની નળીના એક છેડા સાથે રબરની લાંબી નળી વડે જોડો. ગળણીનું મો એક પાતળા રબરના પડદાથી બંધ કરો.

આકૃતિ ૨૩.



પાણીનાં દબાણનો પ્રયોગ

કાચની ગળણીને પાણીના વાસણમાં ધીમે ધીમે ડુબાવો અને સાથે U–નળીમાં રહેલા રંગીન પાણીની સપાટીનું અવલોકન કરો (અ, ઘ). જેમ ગળણીને નીચે ઉતારશો તેમ U–નળીનાં પાણીની સપાટીનો તફાવત અ ઘ પણ વધતો જશે.

ગળણીને અમુક ઊંડાઈએ આડી, ઊલટી કે સવળી રાખશો તો પણ U–નળીનાં પાણીની સપાટી તેની તે જ રહે છે.

ઉપરના પ્રયોગ (૧) માંથી માલૂમ પડે છે કે પાણીમાં ડૂબેલી કાચની પ્લેટ ઉપર નીચેથી દબાણ થાય છે. એ દબાણ કેટલું છે તે પણ એમાંથી જણાય છે. જ્યારે ચીમનીમાં બહારનાં પાણીની સપાટી જેટલું પાણી રેડીએ ત્યારે જ પ્લેટ નીચે પડે છે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે પ્લેટની નીચેથી થતું દબાણ પ્લેટની ઉપર આવેલાં પાણી જેટલું જ થાય છે. જ્યારે ચીમનીની બહારનાં અને અંદરનાં પાણીની સપાટી સરખી થાય ત્યારે પ્લેટની ઉપરથી અને નીચેથી થતું દબાણ બરાબર સરખું થાય છે. આથી કાચની પ્લેટ પોતાનાં વજનથી નીચે પડે છે (ડૂબે) છે.

પ્રયોગ (૨) માં ગળણીને પાણીમાં ડુબાવીએ એટલે ગળણીના પાતળા રબરના પડદા ઉપર પાણી દબાણ કરે છે. આ દબાણથી ગળણીની અંદર રહેલી હવા સંકોચાય છે અને તેથી U–નળીમાં રંગીન પાણીની સપાટી એકસરખી રહેતી નથી. એ પાણીની સપાટીની ઊંચાઈનો તફાવત ગળણીના પડદા ઉપર થતાં દબાણની બરાબર થાય છે. આથી એક બાબત એ માલૂમ પડે છે કે પાણીમાં વધુ ઊંડાઈએ ગળણી ઉપર દબાણ વધે છે અને તેથી U–નળીમાંનાં પાણીની સપાટીનો તફાવત પણ વધતો જાય છે. બીજી વસ્તુ એ માલૂમ પડે છે કે અમુક ઊંડાઈએ ગળણીનું મોં ગમે તે દિશામાં હોય છતાં તેના ઉપર થતું દબાણ સરખું જ રહે છે. પાણીની અંદર થતું દબાણ માત્ર ગળણીની પાણીની અંદરની ઊંડાઈ ઉપર જ આધાર રાખે છે.

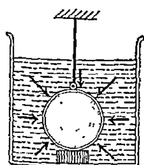
ટૂંકમાં, (૧) પાણીની અંદર ગમે તે બિંદુએ થતું દબાણ પાણીની ખુલ્લી સપાટીથી બિંદુની શિરોલંબ ઊંડાઈ (vertical)

depth) ઉપર આધાર રાખે છે; ઊંડાઈ વધુ તેમ દબાણ વધુ. (૨) પાણીની અંદરનાં એક બિંદુ આગળ પાણીનું દબાણ દરેક દિશામાં એકસરખું જ હોય છે.

પાણીને બદલે બીજું પ્રવાહી લઈએ તો તેમાં થતું દબાણ પણ ઉપર બતાવેલા નિયમને આધારે જ થશે. માત્ર ફેર એટલોજ કે જે પ્રવાહી વધારે ઘટ્ટ હોય તેમાં વધું દબાણ થાય છે અને પાતળું હોય તેમાં ઓછું દબાણ થાય છે.

૬. પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુ ઉપર લાગતો શિરદાબ (upthrust).

આકૃતિ ૨૪.



પ્રવાહીમાં થતું દબાણ

આકૃતિ (૨૪) માં એક ભારે વસ્તુના ગોળાને પાણીમાં લટકાવેલો છે. એની સપાટી ઉપર પાણીનું દબાણ તીરથી બતાવેલું છે. હમેશાં પ્રવાહીનું દબાણ તેમાં રહેલી સપાટી ઉપર લંબ (perpendicular) દિશામાં થાય છે. ગોળા ઉપર ચારે બાજુથી દબાણ થાય છે. ગોળાની ઉપલી સપાટીને લાગતું દબાણ નીચે થાય છે અને નીચેની સપાટીને લાગતું દબાણ ઊંચે થાય છે. ગોળાની ઉપલી સપાટીને લાગતું દબાણ અને નીચેની સપાટીને લાગતાં દબાણ સરખાં નથી.

ગોળાની નીચેની સપાટી પાણીમાં સૌથી વધુ ઊંડે છે. એટલે તેને (ઊંચી તરફ) લાગતું પાણીનું દબાણ સૌથી વિશેષ હોય છે. ગોળાની ઉપર આજુબાજુએ લાગતું દબાણ સામસામી દિશામાં સમતોલ થઈ જાય છે. માત્ર ઉપલી અને નીચેની સપાટીએ લાગતાં દબાણ સમતોલ થતાં નથી. ઉપલી બાજુનાં દબાણ કરતાં નીચેની

બાજુએ લાગતું દબાણ વધુ હોવાથી, ગોળા ઉપર પ્રવાહી ઊંચે દબાણ કરે છે. એ જ પ્રમાણે કોઈ પણ વસ્તુને પાણીમાં અથવા પ્રવાહીમાં ડુબાવીએ તો તેના ઉપર શિરદાબ (upthrust) લાગે છે. શિરદાબ એટલે ઊંચી દિશા તરફ લાગતું દબાણ. લોખંડ જેવી પાણીથી ભારે વસ્તુને શિરદાબ લાગે છે, તેથી જ તેનો પાણીમાં ભાર ઓછો થાય છે. લાકડા જેવી હલકી વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવીએ તો તેના ઉપર લાગતો શિરદાબ તેના ભાર કરતાં વધારે હોય છે, એટલે લાકડું પાણીમાં ડૂબવાને બદલે તરી નીકળે છે.

૭. પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુ ઉપર લાગતા શિરદાબનું માપ. આર્કિમિડિસના નિયમ ઉપરથી અને ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી આપણને સમજાય છે કે એક વસ્તુને પ્રવાહીમાં ડુબાવતાં તેના ભારમાં જે ઘટાડો થાય છે તે વસ્તુના કદ જેટલાં પ્રવાહીનાં ભારના જેટલો હોય છે. આ ઘટાડો થવાનું કારણ પ્રવાહીનો શિરદાબ (upthrust) જ છે.

આથી

પ્રવાહીનો શિરદાબ = પ્રવાહીમાં વસ્તુના ભારનો થતો ઘટાડો
= વસ્તુનાં કદ જેટલાં પ્રવાહીનો ભાર

આ ઉપરથી સ્પષ્ટ સમજાય છે કે

કોઈ પણ ડૂબેલી વસ્તુ ઉપર લાગતો પ્રવાહીનો શિરદાબ વસ્તુનાં કદ જેટલાં પ્રવાહીના ભાર જેટલો હોય છે.

૮. પ્રવાહીમાં વસ્તુ ડૂબશે કે તરશે એ જાણવું. પ્રયોગ (૧):— નિયત આકારનો લોખંડનો ટુકડો લઈ તેનું વજન કરો (व, m). તેનું કદ માપ વડે શોધી કાઢો (क, v). વજનને કદથી ભાગી ઘનતા શોધી કાઢો (घ = व/क, d = m/v).

હવે એક પ્યાલાનું વજન કરી તેમાં માપેલાં કદ (क) જેટલો થોડો પારો રેડી ફરીથી વજન કરો. એમાંથી પારાનુ વજન શોધી કાઢો ($व_1$). જો પારાની ઘનતા $घ_1$ હોય તો $व_1 = घ_1 \times क$ થશે. હવે क કદના લોખંડના ટુકડાનું વજન (व) અને તેટલાં જ કદના પારાનાં વજન ($व_1$) માં કયું વજન વધારે ભારે થાય છે એની નોંધ કરો. લોખંડને પારામાં નાંખવાથી ડૂબશે કે તરશે એનું અનુમાન કરો. લોખંડના ટુકડાને પારામાં નાંખી તમારાં અનુમાનની ખાતરી કરો.

(૨) ઉપરનો જ પ્રયોગ લોખંડ અને પાણી લઈને કરો અને તમારા અનુમાનની ખાતરી કરો.

ઉપરનાં પ્રયોગ વડે એક વસ્તુનું વજન અને તેટલાં જ કદના પ્રવાહીનું વજન એકમેકથી સ્વતંત્ર માપથી શોધી કાઢ્યું છે. લોખંડના ટુકડાનું વજન અને તેટલાં જ કદના પારાનું વજન જોતાં માલૂમ પડે છે કે પારાનું વજન લોખંડથી ભારે છે, અને લોખંડ પારાની ઉપર તરે છે.

લોખંડના ટુકડાનું વજન $= व = घ \times क$

એટલા કદના પારાનું વજન $= व_1 = घ_1 \times क$

લોખંડ ઉપર લાગતો શિરદાબ = એટલાં જ કદના પારાનું વજન

$= व_1$

પ્રયોગ (૧) ઉપરથી બે વસ્તુ સમજાય છે કે $व_1 > व$ છે અને તેથી લોખંડ પારામાં તરે છે; એટલે કે લોખંડ ઉપર લાગતો શિરદાબ લોખંડના વજન કરતાં વધારે છે. બીજા પ્રયોગ (૨) માંથી સમજાય છે કે લોખંડના ટુકડાનું વજન તેટલાં જ કદનાં પાણીનાં વજન કરતાં વધુ છે અને તેથી લોખંડનાં વજન કરતાં શિરદાબ ઓછો છે. આ ઉપરથી આપણે નીચેના નિયમો તારવી શકીએ કે

(૧) શિરદાબ > વસ્તુનું વજન હોય તો, વસ્તુ પ્રવાહીમાં તરે છે.
(૨) શિરદાબ = „ „ હોય તો, વસ્તુ પ્રવાહીની અંદર સમતોલ રહે છે.
(૩) શિરદાબ < „ „ હોય તો, વસ્તુ પ્રવાહીમાં ડૂબે છે.

પ્રયોગ (૧) માંથી આપણે ઉપલા નિયમોને સાદાં રૂપમાં તારવી શકીએ છીએ. ધારો કે,

વ = વસ્તુનું વજન, ક = વસ્તુનું કદ, ઘ = વસ્તુની ઘનતા

અને

$વ_1$ = પ્રવાહીનું વજન, ક = પ્રવાહીનું કદ, $ઘ_1$ = પ્રવાહીની ઘનતા

$$વ = ક \times ઘ \text{ અને } વ_1 = ક \times ઘ_1$$

હવે

$વ_1$ = વસ્તુનાં કદ જેટલા પ્રવાહીનું વજન
= વસ્તુ ઉપર લાગતો શિરદાબ.

જો

શિરદાબ > વસ્તુનું વજન

$$\therefore વ_1 > વ$$
$$\therefore ક \times ઘ_1 > ક \times ઘ$$
$$\therefore ઘ_1 > ઘ$$

એજ પ્રમાણે જો

શિરદાબ = વસ્તુનું વજન હોય તો, $ઘ_1 = ઘ$

અને

શિરદાબ < વસ્તુનું વજન હોય તો, $ઘ_1 < ઘ$

આથી આપણે ફરીથી ઉપર આવેલા ૧, ૨ અને ૩ નિયમો ફરીથી નીચે પ્રમાણે તારવી શકીએ.

(૧) $ઘ_1 > ઘ$ (પ્રવાહીની ઘનતા વસ્તુની ઘનતા કરતાં વધારે) હોય તો, વસ્તુ પ્રવાહીમાં તરે છે.

(૨) $ઘ_1 = ઘ$ (પ્રવાહીની ઘનતા અને વસ્તુની ઘનતા સરખી) હોય તો વસ્તુ પ્રવાહીની અંદર ગમે ત્યાં સમતોલ રહે છે.

(૩) $ઘ_1 < ઘ$ (પ્રવાહીની ઘનતા વસ્તુની ઘનતા કરતાં ઓછી) હોય તો, વસ્તુ પ્રવાહીમાં ડૂબે છે.

એટલે વસ્તુની ઘનતા પ્રવાહીની ઘનતાથી ઓછી હોય તો વસ્તુ તરશે, અને વધુ હોય તો ડૂબી જશે.

૯. દબાણ અને જોર (Pressure and Force). પ્રવાહીમાં થતાં દબાણ (pressure) ને હંમેશાં એકમ ક્ષેત્રફળ જેટલી સપાટી (unit area) ઉપર થતાં દાબ અથવા ભાર વડે માપવામાં આવે છે. એકસરખા આડછેદ (cross section) અથવા ઘેરાવાવાળાં વાસણને પ્રવાહીથી ભરીએ તો એનાં તળિયાં ઉપર લાગતું જોર પ્રવાહીનાં વજન જેટલું થશે. એટલે તળિયાં ઉપર લાગતું દબાણ (pressure) શોધવું હોય તો જોરને ક્ષેત્રફળથી ભાગવું પડશે, જેથી એકમ ક્ષેત્રફળ (unit area, *i. e.*, 1 sq. cm or 1 sq. ft) ઉપર લાગતું જોર અથવા દબાણ મળી આવશે.

એકમ ક્ષેત્રફળ ઉપર લાગતો ભાર = દબાણ (pressure)
આખી સપાટી ઉપરનો ભાર = જોર (force)

અને

કુલ જોર (force) = દબાણ (pressure) × ક્ષેત્રફળ (area)

અથવા

$$\text{દબાણ} = \frac{\text{જોર}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}, \quad \text{pressure} = \frac{\text{force}}{\text{area}}$$

૧૦. પ્રવાહીમાં થતું દબાણ (Pressure within a liquid).

કોઈ પણ પ્રવાહીની ઘનતા જાણતા હોઈએ અને આપણે અમુક ઊંડાઈએ દબાણ (એક ચોરસ સેંટીમિટર ઉપરનું જોર) કાઢવું હોય તો તે નીચેનાં સમીકરણથી મળશે.

જો,

દ = દબાણ, ઘ = ઘનતા, ઉ = ઊંડાઈ (શિરોલંબ, vertical)

તો,

દબાણ = ઘનતા × ઊંડાઈ, pressure = density × height

દ = ઘ × ઉ $p = d \times h$

આગળ બતાવ્યું તેમ આ દબાણ દરેક દિશામાં વ્યાપી રહે છે. ઉપર બતાવ્યા પ્રમાણે એક સાધારણ નિયમ હવે ધ્યાનમાં રાખવો ઠીક પડશે કે,

પ્રવાહીની અંદર કોઈ પણ બિંદુ આગળ થતું દબાણ, તેની ઘનતા અને એ બિંદુની પાણીની ઉપરની ખુલ્લી સપાટીથી શિરોલંબ (vertical) ઊંડાઈના ગુણાકારથી મળે છે.

(એ દબાણ એક ચોરસ સેંટીમિટર સપાટી ઉપર લંબ દિશામાં લાગે છે. દબાણ ગ્રામ દર ચોરસ સેંટીમિટર અથવા પાઉંડ દર ચોરસ ફૂટ વડે માપવામાં આવે છે.) અમુક સપાટી ઉપર લાગતું પ્રવાહીનું કુલ જોર (force) કાઢવું હોય તો દબાણને ક્ષેત્રફળથી ગુણવું પડે છે કારણ કે,

જોર = દબાણ × ક્ષેત્રફળ

force = pressure × area

૧૧. તરતી વસ્તુના નિયમો. પ્રયોગઃ—(૧) એક લાકડાનો ટુકડો લઈ તેનું વજન કરો. પછી તેને પાણીથી ભરેલાં એક સ્થળાંતર

પાત્રમાં ધીમેથી મૂકી, સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનું વજન કરો. ત્યાર બાદ લાકડાંના ટુકડા પર સંભાળથી ૫, ૧૦, ૧૫...ગ્રામનું વજન વારાફરતી મૂકી દર વખતે ઊભરાયલાં પાણીનું વજન કરો. દરેક વખતે માલૂમ પડશે કે તરતી વસ્તુનું કુલ વજન (લાકડાંના કટકાનું વજન + ઉપર મૂકેલું વજન) = સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનું વજન.

(૨): એક કદમાપક પાત્ર લો અને તેને અડધું પાણીથી ભરી કદ માપો. ત્યાર બાદ તેમાં એક લાકડાનો ટુકડો મૂકો અને પાણીની ઉપરની સપાટીનો આંકડો વાંચો. આમાંથી પહેલું કદ બાદ કરી કદનો વધારો क શોધો. ત્યાર બાદ કદમાપક પાત્રમાં કેરોસિન, સ્પિરિટ, ગ્લિસરિન વગેરે જુદાંજુદાં પ્રવાહી લઈ તેમાં એ જ લાકડાનો ટુકડો મૂકી કદનો વધારો શોધી કાઢો.

પ્રવાહી	પ્રવાહીની ઘનતા घ	કદનો વધારો क	સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું વજન = घ × क
પાણી ગ્લિસરિન કેરોસિન સ્પિરિટ			

પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડશે કે જેમ પ્રવાહીની ઘનતા ઓછી તેમ વધારે પ્રવાહી સ્થળાંતર થશે, અને દરેક સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીનું વજન એકસરખું રહેશે.

(૩): એક લાકડાનો નળાકાર (cylinder) લો. એના એક છેડા ઉપર થોડું સીસું ચોંટાડો. હવે એ લાકડાના ટુકડાને અનુક્રમે પાણીમાં, ગ્લિસરિનમાં, કેરોસિનમાં આલ્કોહોલમાં અને એવાં બીજાં પ્રવાહીમાં મૂકો. દરેક વખતે ડૂબેલા ભાગ ઉપર નિશાની કરો. લીધેલાં પ્રવાહીની ઘનતાની નોંધ કરો (અથવા પ્રયોગથી શોધી કાઢો). લાકડાંના ડૂબેલા ભાગની લંબાઈ

અને પ્રવાહીની ઘનતાનો આફ દોરો. આફ ઉપરથી શું અનુમાન કાઢશો? તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

પ્રવાહીનું નામ	પ્રવાહીની ઘનતા ઘ	લાકડાના ડૂબેલા ભાગની લંબાઈ લ	$\frac{લ}{ઘ}$
પાણી ગ્લિસરિન કેરોસિન આલ્કોહોલ			

(૪): પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા કાઢવાનો પ્રયોગ: અમુક હલકી વસ્તુને જુદાંજુદાં પ્રવાહીમાં તરતી મૂકવામાં આવે તો દરેકમાં વસ્તુનાં વજન જેટલું પ્રવાહી સ્થળાંતર કરશે, પરંતુ પ્રવાહીની ઘનતા જુદી હોવાથી સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીનું કદ જુદુંજુદું આવશે.

ધારો કે

$ઘ_૧$ = પાણીની ઘનતા; $ક_૧$ = વસ્તુથી સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનું કદ;
$ઘ_૨$ = પ્રવાહીની ઘનતા; $ક_૨$ = તે જ વસ્તુથી સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું કદ
તો, $ઘ_૧ \times ક_૧$ = સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનું વજન.
= તરતી વસ્તુનું વજન.
$ઘ_૨ \times ક_૨$ = સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીનું વજન.
= તરતી વસ્તુનું વજન.

એટલે, $ઘ_૧ \times ક_૧ = ઘ_૨ \times ક_૨$; $\frac{ઘ_૨}{ઘ_૧} = \frac{ક_૧}{ક_૨}$

પરંતુ પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા $= \frac{\text{પ્રવાહીની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}} = \frac{ઘ_૨}{ઘ_૧} = \frac{ક_૧}{ક_૨}$

$= \frac{\text{સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનું કદ}}{\text{સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું કદ}}$

(૫): એક સ્થળાંતર પાત્ર પાણીથી ભરો અને તેમાં એક લાકડાનો ટુકડો મૂકો. નળીવાટે બહાર નીકળેલાં પ્રવાહીનું કદ માપો. ત્યાર બાદ કેરોસિન વગેરે પ્રવાહી વાપરી દરેકમાં સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનાં કદને ઊભરાયેલાં પ્રવાહીનાં કદથી ભાગવાથી પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા મળશે.

હવે આપણે તરતી વસ્તુના નિયમ ઉપર દર્શાવેલી રીતે તારવી કાઢીશું. હમેશાં તરતી વસ્તુનો થોડો ભાગ પ્રવાહીની અંદર ડૂબેલો હોય છે.

વસ્તુ પ્રવાહીમાં સમતોલ રહે તે માટે તરતી વસ્તુનું વજન અને પ્રવાહીનો શિરદાબ સરખો હોવો જોઈએ.
એટલે,

તરતી વસ્તુનું વજન = પ્રવાહીનો શિરદાબ.

પરંતુ વસ્તુ આખી ડૂબેલી ન હોવાથી પ્રવાહીનો શિરદાબ માત્ર ડૂબેલા ભાગથી સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનાં વજન જેટલોજ હોય છે; એટલે,

તરતી વસ્તુનું વજન = સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું વજન

આ નિયમ ખાસ ઉપયોગી છે. સ્પષ્ટ શબ્દોમાં કહીએ તો આનો અર્થ નીચે મુજબ થાય.

એક તરતી વસ્તુને જે પ્રવાહીમાં મૂકતાં તે પ્રવાહીનો જેટલો ભાગ સ્થળાંતર થાય છે તેનું વજન તરતી વસ્તુનાં વજન જેટલું થાય છે.

એક જ વસ્તુને જુદાંજુદાં પ્રવાહીમાં ડુબાવવામાં આવે તો દરેકમાં સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું વજન સરખું આવે છે. પણ જુદાંજુદાં પ્રવાહીની ઘનતા જુદીજુદી હોવાથી વત્તુંઓછું

સ્થળાંતર થશે. એટલે એક જ તરતી વસ્તુ જુદાંજુદાં પ્રવાહીમાં વત્તીઓછી ડૂબશે. જો પ્રવાહીની ઘનતા ઘણી હશે તો ઓછું પ્રવાહી સ્થળાંતર થશે અને ઘનતા ઓછી હશે તો ઘણું પ્રવાહી સ્થળાંતર થશે; અથવા બીજા શબ્દોમાં, તરતી વસ્તુ વધુ ઘનતા-વાળાં પ્રવાહીમાં ઓછી ડૂબશે અને ઓછી ઘનતાવાળાં પ્રવાહીમાં વધુ ડૂબશે. (દા. ત. એક તરતી વસ્તુને પાણીમાં મૂકીએ અને કેરોસિનમાં મૂકીએ તો તે પાણીનાં કરતાં કેરોસિનમાં વધુ ડૂબે છે.)

૧૨. **સ્ટીમર અને સબમરીન.** આ જ નિયમને આધારે લોખંડનાં બનેલાં પાત્ર અથવા ધાતુની બનેલી સ્ટીમરો પાણીમાં તરી શકે છે. સ્ટીમરના કદ જેટલું પાણી લઈએ તો એ પાણીનું વજન સ્ટીમરનાં વજન કરતાં વધુ થશે સ્ટીમરના કદનો ઘણોખરો ભાગ હવાથી ભરેલો છે, એટલે ધાતુ પાણીથી ભારે હોવા છતાં કદના પ્રમાણમાં આખી સ્ટીમરનું વજન એટલાં જ કદના પાણીના કરતાં હલકું થાય છે. સબમરીનનો નિયમ પણ હવે સ્પષ્ટ થશે. પ્રથમ સબમરીન પાણી ઉપર તરતી હોય છે, કારણ કે ઘણોખરો ભાગ હવાથી ભરેલો હોવાથી આખી સબમરીન એટલા જ કદનાં પાણીથી સહેજ હલકી છે. જ્યારે સબમરીનને પાણીમાં ડુબાવવી હોય ત્યારે તેનાં આખાં કદની ઘનતા પાણીની ઘનતા જેટલી કરવી જોઈએ; એટલે કે સબમરીનનું અને તેટલાંજ કદનાં પાણીનું વજન સરખું જોઈએ. આમ કરવા માટે સબમરીનના નીચેના ભાગમાં સમુદ્રનું પાણી ભરી દઈએનાં વજનમાં વધારો કરવાની વ્યવસ્થા રાખવામાં આવે છે. જ્યારે સબમરીનને ડુબાવવી હોય ત્યારે તેમાં પાણી દાખલ કરવામાં આવે છે. અમુક પ્રમાણમાં પાણી દાખલ કરતાં સબમરીનનું વજન એટલાં કદનાં પાણીનાં વજન જેટલું જ થાય છે. આ રીતે સબમરીનને પાણીની અંદર સમતોલ રાખી શકાય છે.

૧૩. દ્રવતુલા (Hydrometer). વજન કર્યા વિના પ્રવાહીની ઘનતાનું માપ કાઢવા માટે પ્રયોગ (૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક સાધન તૈયાર કરવામાં આવ્યું છે. એને દ્રવતુલા (પ્રવાહીની ઘનતા કાઢનારું સાધન, hydrometer) કહેવામાં આવે છે (આકૃતિ ૨૫). આખું સાધન કાચનું બનેલું છે. એમાં એક લાંબી અને એકસરખી નળી છે. એના ઉપર વિશિષ્ટ ઘનતાના આંકો પાડેલા છે. વચ્ચેનો ભાગ ફૂલવેલો છે. તેમાં ઘણી હવા ભરેલી હોવાથી એ સાધન પ્રવાહીમાં તરે છે. નીચેના ભાગની અંદર થોડી સીસાની ગોળી રાખેલી છે, જેથી પ્રવાહીમાં આખું દ્રવતુલા શિરોલંબ (vertical) રહી શકે છે. જુદાંજુદાં પ્રવાહીમાં મૂકવાથી એ વત્તુંઓછું ડૂબશે. એના ઉપર વિશિષ્ટ ઘનતાનાં માપો આંકેલા છે, એટલે તરત જ પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા માલૂમ પડી આવે છે. દ્રવતુલાનો ઉપયોગ દૂધની વિશિષ્ટ ઘનતા માપવામાં ઘણો થાય છે, કારણ કે દૂધની ઘનતા વત્તીઓછી હોય તે દ્રવતુલાને અંદર મૂકતાં જ ખબર પડી જાય છે. જો દૂધમાં પાણી ઉમેર્યું હોય તો દૂધની ઘનતા ઘટી જશે કારણ કે પાણી દૂધથી હલકું છે. દૂધમાંથી મલાઈ કાઢી લીધી હોય તો હલકો પદાર્થ ઘટવાથી દૂધની ઘનતા વધી જશે. એટલે દૂધની ઘનતામાં કેટલો ફેર પડ્યો છે તે આ જાતનું સાધન તરત બતાવી આપે છે. દૂધથી વિશિષ્ટ ઘનતા માપવાનાં સાધનને પય-

આકૃતિ ૨૫.

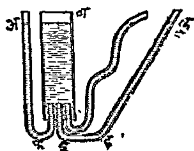


દ્રવતુલા
Hydrometer

(lactometer) કહેવામાં આવે છે. મોટરની અંદર વપરાતી બૅટરી-માં અમુક ઘનતાનું જ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું દ્રાવણ (solution) વાપરવું પડે છે, એટલે તેની વારંવાર તપાસ કરવા માટે પણ આવું સાધન ઉપયોગી થઈ પડે છે. આ સાધનને બૅટરીમાં મૂકતાંજ એ પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા માલૂમ પડી આવે છે અને બૅટરીનાં પ્રવાહીને ખાલવી નાંખી તપાસવાની જરૂર રહેતી નથી.

૧૪. **પ્રવાહીની સપાટી.** આકૃતિ (૨૬) માં બતાવેલી નળીઓ લઈને અંદર કોઈ પણ પ્રવાહી રેડીએ તો માલૂમ પડશે કે દરેક નળીમાં પ્રવાહી એકસરખી ઊંચાઈએ રહેશે. આ જાતનો અનુભવ ચાદાનીમાં થાય છે. ચાદાનીની અંદરનાં અને એનાં નાળચામાંનાં પાણીની સપાટી એકસરખી જ રહે છે.

" એકબીજાનં સાથે સંધાયેલાં વાસણમાં હંમેશાં એકરૂપ પ્રવાહીની સપાટી એક જ ઊંચાઈએ રહે છે. "



આકૃતિ ૨૬.

પ્રવાહીનો આ એક મુખ્ય ગુણધર્મ (property) છે. આનું કારણ નીચે સમજાવવામાં આવ્યું છે. (આમ છતાં એક નળીમાં પારો રેડીએ અને બીજીમાં તેલ અથવા કેરોસિન રેડીએ તો તેલની ઉપરની સપાટી અને પાણીની સપાટી સરખી રહેશે નહિ, કારણ કે ઉપરનો નિયમ માત્ર એક જ જાતના (એકરૂપ, homogeneous) પ્રવાહી હોય તેને જ લાગુ પડે છે.

ઉપરની આકૃતિ (૨૬) માં જોતાં માલૂમ પડે છે કે ૪, ૬

અને फ આગળ આવેલી સપાટી ઉપર પ્રવાહીનું દબાણ એકસરખું હોવું જોઈએ. મધ્યના બિંદુ ઉપરનું દબાણ આપણે શોધી કાઢીએ.

इ ઉપરનુ દબાણ = ઘનતા × શિરોલંબ ઊંચાઈ (व इ)

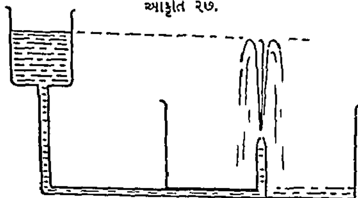
એજ પ્રમાણે

ज અને फ ઉપરનુ દબાણ = ઘનતા × ઊંચાઈ

દરેક બિંદુ ઉપર દબાણ સરખું હોવાથી ज એને फ ઉપરનાં પ્રવાહીની ઊંચાઈ પણ व इ જેટલીજ લેવી પડશે અને નહિ કે આખી નળીની લંબાઈ. આખી નળીની લંબાઈ લઈ એ તો ज આગળનું દબાણ જુદું થાય છે. એટલે દરેક ઠેકાણે व इ જેટલીજ શિરોલંબ ઊંચાઈ લઈ દબાણ કાઢવું પડે છે. આ ઉપરથી આપણને ખાતરી થાય છે કે કોઈ પણ ઠેકાણેનું દબાણ પ્રવાહીની શિરોલંબ (vertical) ઊંચાઈ અને ઘનતા સાથે ગુણવાથી મળી આવે છે. આ જ નિયમને લીધે એકરૂપ (homogeneous) પ્રવાહીની સપાટી હંમેશાં એકસરખી ઊંચાઈએ રહે છે. જો આકૃતિ (૨૬) માં એકાદ નળી ટૂંકી હોય તો વધારાનું પાણી નીકળી જઈ દરેક નળીમાં પાણી એટલી જ ઊંચાઈએ આવી રહેશે.

૧૫. ફુવારો. ઘણાખરા બાગમાં જોવામાં આવતા ફુવારા પણ આ જ નિયમથી ચાલે છે. બાગની બાજુમાં મકાનની અગાશી ઉપર ઊંચે એકાદ ટાંકી રાખવામાં આવી હોય અને તેમાંથી એક નળદ્વારા પાણી બાગના ફુવારામાં લઈ જવામાં આવે તો ટાંકી જેટલી ઊંચી હશે તેટલી ઊંચાઈ સુધી એ પાણી જઈ શકે છે. ટાંકી સુધીની નળી ન રાખતાં ફુવારામાં થઈને થોડી ઊંચાઈની નળી રાખવામાં આવે છે. નળીનું મોં સાંકડું રાખવામાં આવે છે, એટલે પાણી જોરથી બહાર નીકળી છે. એ પાણી લગભગ ટાંકી જેટલી ઊંચાઈએ જઈ શકે છે, પરંતુ હવાના અણુઓના (molecules) અવરોધને (resistance) લીધે ફુવારાનું પાણી ટાંકી જેટલી ઊંચાઈએ પહોચી શકતું નથી.

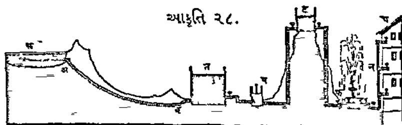
આકૃતિ ૨૭.



સાદો ફુવારો

૧૬. શહેરમાં પાણીની વહેંચણી. ઘણુંખરું આકૃતિ (૨૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે શહેરમાં પાણી વહેંચાય છે. ઘણી ઊંચી સપાટીએ આવેલાં સ સરોવરમાંથી અ ન નળદ્વારા પાણી ત આગળ બાંધેલા તળાવમાં લાવી એને રસાયણ વડે સાફ કરવામાં આવે છે. ત્યાંથી એ પાણીને પંપ પ વડે ટ ટાંકીમાં રાખવામાં આવે છે અને ત્યાંથી શહેરના વિસ્તારમાં વહેંચવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૮.



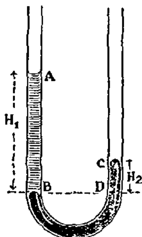
શહેરમાં પાણીની વહેંચણી

જો સરોવર ટાંકીથી ઘણી ઊંચી સપાટીએ આવેલું હોય તો પંપ અને ટાંકીની કંઈ પણ જરૂરિયાત રહેતી નથી. પરંતુ, ઘણી વાર શહેરની સપાટી સાધારણ રીતે ઊંચી હોય છે અને શહેરના

માળા પણ ઊંચા હોવાથી પંપ વડે પાણીને વધુ ઊંચી જગાએ ચઢાવવું પડે છે. એ રીતે વહેંચવામાં આવતું પાણી લગભગ ☐ ની સપાટી જેટલે જ ઊંચે ચઢી શકે છે. ઘણે ભાગે એક ઘરમાં દરેક માળે ન જેવા નળ વાટે પાણી આપવામાં આવે છે. ઘરની અંદર જો પહેલા માળનો નળ ખોલવામાં આવે તો ઉપરના નળમાં પાણી જશે નહિ, એટલે એ મુસીબત ટાળવી હોય તો જુદો જ નળ સીધો જમીનના મુખ્ય નળ સાથે જોડવામાં આવે છે.

૧૭. **U-નળી (U-tube) અને હેરનું ઉપકરણ (Hare's apparatus).** પ્રયોગ (૧): આકૃતિ (૨૯) માં બતાવેલી નળી લઈ તેમાં થોડો પારો નાંખી નળીની એક બાજુએ પ્રવાહી રેડો. જ્યાં આગળ પારો અને પ્રવાહી મળે તે બિંદુ B ની નોંધ કરો. સામેની બાજુમાં B ની સપાટીમાં આવેલા D બિંદુની નોંધ કરો. B D સપાટીથી ઊંચે રહેલાં બન્ને બાજુનાં પ્રવાહીની ઊંચાઈ નોંધો. ધારો કે A B પ્રવાહીની ઊંચાઈ H_1 અને બીજી બાજુએ C D પારાની ઊંચાઈ H_2 છે. પારાની ઊંચાઈ ને પ્રવાહીની ઊંચાઈથી ભાગી જે ગુણોત્તર આવે તેને પારાની ઘનતા (d_2) થી ગુણતાં પ્રવાહીની ઘનતા (d_1) મળશે.

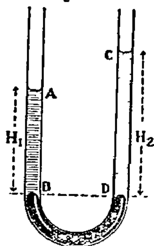
આકૃતિ ૨૯.



પ્રવાહી	પ્રવાહીની ઊંચાઈ H_2	પારાની ઊંચાઈ H_1	પ્રવાહીની ઘનતા $d_1 = \frac{H_2}{H_1} \times d_2$

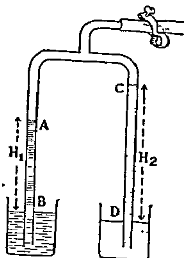
(१): બે પ્રવાહી એકમેક સાથે ભળી જતાં હોય તો બન્નેમાં ન ભળે એવું અને બન્ને પ્રવાહીનાં કરતાં વધુ ઘનતાવાળું પ્રવાહી લેવું પડશે. દાખલા તરીકે કેરોસિન અને પાણીની ઘનતા સરખાવવા માટે નીચેનો પ્રયોગ કરો (આકૃતિ ૩૦).

આકૃતિ ૩૦.



U-નળીમાં પ્રથમ પારો નાંખી એક બાજુએ થોડું પાણી રેડો. બીજી બાજુએ એટલું કેરોસિન ઉમેરો કે જેથી પારાની સપાટી B D સમતળ થઈ જાય. ત્યાર બાદ કેરોસિનની અને પાણીની શિરોલંબ ઊંચાઈ માપો. પાણીની ઊંચાઈ H_1 ને કેરોસિનની ઊંચાઈ H_2 વડે ભાગવાથી કેરોસિનની વિશિષ્ટ ઘનતા મળશે.

આકૃતિ ૩૧.



હેરનું ઉપકરણ
Hare's apparatus

(२): સલ્ફ્યુરિક એસિડની (ગંધકના તેજાબની) અથવા જે પ્રવાહી પાણી સાથે રાસાયણિક ક્રિયા કરતું હોય તેની ઘનતા શોધવી હોય તો આકૃતિ (૩૧) માં બતાવ્યા મુજબનું હેરનું ઉપકરણ લો. તેનો એક છેડો પાણીના પ્યાલામાં રાખો અને બીજો સલ્ફ્યુરિક એસિડમાં રાખો. હવે ઉપરની નળીને લગાડેલી ચાંપ ખુલ્લી કરી અંદરથી થોડી હવા ખેંચી લો અને ચાંપ બંધ કરો. બન્ને નળીમાં પ્રવાહી A અને C જેટલી ઊંચાઈએ રહેશે. ધારો કે

H_1=સલ્ફ્યુરિક એસિડની A B નળીમાં ઊંચાઈ, H_2=પાણીની CD નળીમાં ઊંચાઈ,

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{\text{સલ્ફ્યુરિક એસિડની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}} = \frac{H_2}{H_1}$$

આગળ બતાવેલા પાણીનાં દબાણના નિયમનો ઉપયોગ U–નળી અને હેરનું ઉપકરણ નામના સાધનોમાં કરવામાં આવ્યો છે અને દ્રવતુલાની પેઠે એ સાધનો પ્રવાહીની ઘનતા માપવાના કામમાં આવે છે. એ સાધનને વાપરવામાં ત્રણ જાતના વિભાગ પાડવા જરૂરી છે.

(૧) ધારો કે પારો (mercury) અને કેરોસિન એ બેની ઘનતાની સરખામણી કરવી છે. આ પ્રયોગ ગમે તે બે પ્રવાહી એવાં હોય કે જે મિશ્ર ન થાય અને જેનો રાસાયણિક સંયોગ ન થાય તેવાંને લાગુ પડશે.

આકૃતિ (૨૯) માં બતાવ્યા મુજબ (૧) પ્રયોગ કરો. ડાબી નળીમાં A B જેટલું પ્રવાહી છે અને પારો B થી C સુધી છે. હવે જો B અને D બિંદુ એક જ સપાટીએ હોય તો બન્ને એકરૂપ પ્રવાહીની સમતળ સપાટીઓ હોવાથી બન્ને બિંદુ ઉપરનું દબાણ સરખું હોવું જોઈએ.

A થી B સુધીનું પ્રવાહીનું દબાણ = D થી C સુધીનું પારાનું દબાણ
પ્રવાહીની ઘનતા × (A B) = પારાની ઘનતા × (C D)

$$d_1 \times H_1 = d_2 \times H_2$$

આ ઉપરથી

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{H_2}{H_1} \text{ , એટલે } d_1 = \frac{H_2}{H_1} \times d_2.$$

હવે પ્રવાહીને બદલે પાણી વાપર્યું હોય તો આપણને પારાની ઘનતા મળી આવશે. d_1 ની જગ્યાએ ઘનતા ૧ ગ્રા./ઘ. સેમિ. મૂકીએ તો

$$\frac{d_2}{1} = \frac{H_1}{H_2} \text{ , એટલે } d_2 = \frac{H_1}{H_2} = \frac{\text{પાણીની ઊંચાઈ}}{\text{પારાની ઊંચાઈ}}$$

(૨) જો બે પ્રવાહી અરસપરસ મિશ્ર થઈ જતાં (miscible) હોય તો એક માધ્યમ તરીકે ત્રીજું ભારે પ્રવાહી વાપરવું પડે છે.

પ્રયોગ (૨) માં (આકૃતિ ૩૦) A B પાણીની ઊંચાઈ અને C D કેરોસિનની ઊંચાઈ છે. B D પારાની સપાટી છે. એટલે પારાની સરખી સપાટી ઉપર બન્ને નળીમાંથી એકસરખું દબાણ થાય છે માટે

પાણીનું દબાણ = કેરોસિનનું દબાણ.

પાણીની ઘનતા $\times H_1$ = કેરોસિનની ઘનતા $\times H_2$

$1 \times H_1 = d_2 \times H_2$

એટલે, કેરોસિનની ઘનતા $= d_2 = \frac{\text{પાણીની ઊંચાઈ}}{\text{પ્રવાહીની ઊંચાઈ}} = \frac{H_1}{H_2}$

(૩) જે પ્રવાહી પાણી સાથે રાસાયણીક ક્રિયા (reaction) કરતું હોય તો તેને માટે ઉપર બતાવેલી રીત ઉપયોગી નથી થતી, એટલે હેરનું ઉપકરણ (Hare's apparatus) વાપરવું પડે છે. પ્રયોગ (૩) માં આકૃતિ (૩૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જ્યારે પ્રવાહીની ઘનતા માપવી હોય, ત્યારે ચાંપ ખોલી અંદરની થોડી હવા શોષી લેવામાં આવે છે. એટલે બન્ને નળીમાં પ્રવાહી વત્તીઓછી ઊંચાઈએ ચઢશે. નળીની અંદર હવાનું દબાણ ઓછું હોવાથી બહારની હવાનાં દબાણને સમતોલ કરે તેટલું પ્રવાહી નળીમાં ઊંચું ચઢે છે.

બહારની હવાનું દબાણ = અંદરની હવાનું દબાણ + પ્રવાહીનું દબાણ એટલે

A B નળીની અંદરની હવાનું દબાણ + A B માંના પ્રવાહીનું દબાણ = C D નળીની અંદરની હવાનું દબાણ + C D માંના પ્રવાહીનું દબાણ

પરંતુ અંદરની હવાનું દબાણ બન્ને તરફ સરખું છે.

એટલે

A B માંના પ્રવાહીનું દબાણ = C D માંના પ્રવાહીનું દબાણ

અને આગળની સંજ્ઞામાં, $d_1 \times H_1 = d_2 \times H_2$

એક બાજુએ પાણી લઈએ તો, $d_1 = 1$ ગ્રા /ઘ. સેમિ. મૂકતાં

$$d_2 = \frac{H_1}{H_2} = \frac{\text{પાણીની ઊંચાઈ}}{\text{પ્રવાહીની ઊંચાઈ}}$$

૧૮. પાસ્કલ અને પાસ્કલનો નિયમ. પાણી અને તેનાં દબાણના નિયમોની શોધ કરવામાં ફ્રેંચ વૈજ્ઞાનિક પાસ્કલ સૌથી મોખરે આવે છે. પાણીનાં દબાણ વડે ગાંસડી બાંધવાનાં પ્રેસ, પાણીનાં દબાણથી ચાલતા ઊંટડા (cranes) અને લિફ્ટ (lift) વગેરે યંત્રો એણે શોધેલા નિયમને આધારે ચાલે છે. એ સિવાય ઊંચે જતાં હવાનાં દબાણમાં ઘટાડો થાય છે એમ બતાવી ટોરિસિલી નામના વૈજ્ઞાનિકને તેણે પૂર્તિ (support) આપી હતી.

આકૃતિ ૩૨.

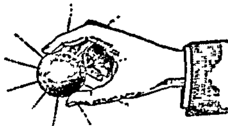


પ્રયોગ (૧) : આકૃતિ (૩૨) માં પાણીથી ભરેલું એક વાસણ છે. તેની એક બાજુ ૧ ચો. સેમિ. અને બીજી બાજુ ૧૦૦ ચો. સેમિ. ક્ષેત્રફળના આડછેદવાળી (cross-section) એ નળીઓ છે.

હવે બન્ને બાજુની નળીમાં બરાબર બંધબેસતા અને સહેલાઇથી સરતા અ અને વ પિસ્ટન (piston) રાખો. પછી અ ઉપર ૧ ગ્રામ મૂકી વ ઉપર ધીમેધીમે વજન વધારતા જઈ અ અને વ ને સમતોલ કરો તો માલૂમ પડશે કે વ ઉપર ૧૦૦ ગ્રામની જરૂર પડે છે.

એજ પ્રમાણે અ ઉપર ૨૦, ૫૦, ૧૦૦ ગ્રામનું વજન રાખી ફરીથી વ ઉપર વજન મૂકી બન્ને પિસ્ટનને સમતોલો.

(૨):–ટેનીસ રમવાનો એક દડો લો. તેમાં એકસરખાં બારીક કાણાં પાડો. એ દડાને પાણીમાં ડુબાવી અંદરની હવાને દબાવી કાઢો. બેચાર વાર એમ કરવાથી દડો પાણીથી ભરાઈ જશે. હવે એને પાણીની બહાર કાઢી આકૃતિ (૩૩) માં બતાવ્યા મુજબ જોરથી દબાવો. પાણીની ધાર બધી બાજુ સરખી નીકળે છે એની નોંધ કરો.


આકૃતિ ૩૩.

પ્રયોગ (૧) ઉપરથી સમજાય છે કે અ ઉપર ૧ ગ્રામ જેટલું જોર લગાડીએ તો વ આગળ ૧૦૦ ગ્રામ વજન ઊંચકી શકાય છે. આનું કારણ એ છે કે અ ઉપરનું ૧ ગ્રામનું દબાણ પ્રવાહીમાં બધે પ્રસરે છે અને દરેક ઠેકાણે ૧ ચો. સેમિ. સપાટી ઉપર એટલું દબાણ લાગે છે. પરંતુ વ ની સપાટી ૧૦૦ ચો. સેમિ. હોવાથી ત્યાંનું કુલ જોર ૧૦૦ ગ્રામ વજન જેટલું થાય છે. આ નિયમની પ્રથમ શોધ પાસ્કલે કરી હોવાથી એને પાસ્કલનો નિયમ કહેવાય છે અને એની વ્યાખ્યા નીચે પ્રમાણે છે.

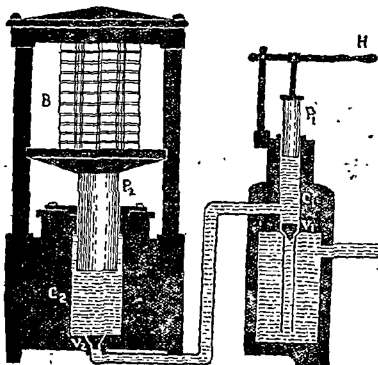
"એક બંધ કરેલા પ્રવાહીના જથ્થામાં એક બાજુ જેટલું દબાણ કરવામાં આવે તેટલું દબાણ દરેક દિશામાં એકસરખું પ્રસરી જાય છે અને વાસણની દરેક સપાટી ઉપર લંબ દિશામાં લાગે છે."

(In a closed volume of a liquid, the pressure applied on one side is transmitted undiminished in all directions and acts normally on the surface of the vessel.)

૧૯. જળદાબ યંત્ર (**Hydraulic Press**). પાસ્કલે ઉપરના નિયમને વ્યાવહારિક ઉપયોગ કરવામાં વાપર્યો અને

ચોપડીઓ દબાવવાનું અને ગાંસડીઓ બાંધવાનું જળદાબ યંત્ર (hydraulic press) શોધી કાઢ્યું. તેની રચના આકૃતિ (૩૪) માં બતાવી છે. પિસ્ટન P_1 ને હાથા H વડે દબાવીએ તો નીચેની

આકૃતિ ૩૪.



જળદાબ યંત્ર

C_1 નળીનાં પાણીમાં દબાણ થાય છે. એ દબાણને લીધે વાલ્વ (valve) V_1 બંધ થઈ જાય છે અને P_1 વડે થયેલું દબાણ પાણી-દ્વારા વાલ્વ V_2 ને ઊઘાડી બાજુના મોટા વાસણ C_2 માં પ્રસરે છે

અને અંતે મોટા પિસ્ટન P_2 ની સપાટી ઉપર લાગે છે. P_2 પિસ્ટનની સપાટી ઘણી મોટી હોવાથી એના ઉપરનાં ચોકઠામાં રાખેલાં ચોપડાં B વધુ જોરથી દબાય છે.

ધારો કે, F_1 = જ₁ = પિસ્ટન P_1 ઉપર લગાડેલું જોર.
F_2 = જ₂ = પિસ્ટન P_2 ઉપર લાગતું જોર.
A_1 = ક્ષ₁ = પિસ્ટન P_1 ની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ.
A_2 = ક્ષ₂ = પિસ્ટન P_2 ની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ.

એટલે $\frac{F_1}{A_1} = \frac{જ_1}{ક્ષ_1}$ = પિસ્ટન P_1 આગળ થતું દબાણ.

અને $\frac{F_2}{A_2} = \frac{જ_2}{ક્ષ_2}$ = પિસ્ટન P_2 આગળ થતું દબાણ.

(કારણ કે દબાણ = $\frac{જોર}{ક્ષેત્રફળ}$)

પાસ્કલના નિયમો પ્રમાણે P_1 અને P_2 આગળનાં દબાણો સરખાં હોવાથી, $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$, $\frac{જ_1}{ક્ષ_1} = \frac{જ_2}{ક્ષ_2}$.

એટલે $\Gamma_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1$, $જ_2 = \frac{ક્ષ_2}{ક્ષ_1} \times જ_1$.

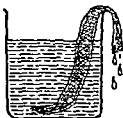
F_2 = જ₂ = બે પિસ્ટનની સપાટીનો ગુણોત્તર (ratio) × લગાડેલું બળ.

હવે જો A_2 ક્ષેત્રફળ ઘણું જ મોટું હોય અને A_1 ક્ષેત્રફળ નાનું હોય તો ($\frac{A_2}{A_1}$) નો ગુણોત્તર (ratio) ઘણો મોટો થશે અને F_2 જોર ઘણુંજ વધી જશે. આમ ઓછાં જોરથી વધુ બળ મેળવી શકાય છે અને ઉપરનાં ચોકઠાંમાં રાખેલાં કાગળ કે ઘાસ વગેરે ઘણા મોટાં બળથી દબાઈ શકે છે. આ યંત્રને બ્રેહામનું પ્રેસ (Braham's Press) પણ કહેવામાં આવે છે.

૨૦. કેશાકર્ષણ અને પૃષ્ઠબળ (Capillarity and Surface Tension). પ્રયોગ:—(૧) એક શાહીચૂસ (blotting paper) કાગળની અણી પાણીમાં બોળી થેાડો વખત રહેવા દો. થોડી વાર પછી કાગળનું અવલોકન કરો. કાગળ ભીંજાઈ ગયેા છે. કારણ શું?

(૨) એક કોરી દિવેટના એક છેડાને પાણીમાં રાખી મૂકો. થોડી વાર પછી પાણી ઊંચે ચઢવાથી આખી દિવેટ ભીંજાઈ ગયેલી જણાય છે. પાણી ઊંચે ચઢવાનું કારણ શું?

આકૃતિ ૩૫.



આકૃતિ (૩૫) માં બતાવ્યા મુજબ કોઈકવાર પાણીનાં ટીપાં દિવેટની અણીમાંથી બહાર પડતાં પણ જણાશે.

(૩) ત્રણ જુદાંજુદાં બારીક કાણાંવાળી કાચની નળી લો અને તેના એક છેડાને પાણીમાં ડુબાવેા. નળીમાંના પાણીની સપાટી બહારની સપાટી કરતાં ઊંચે રહે છે. તદ્દન બારીક નાકાંવાળી નળીમાં પાણીમાં સૌથી વધુ ઊંચે ચઢે છે. નળીના અંદરના વ્યાસનાં માપની ખબર હેાય તેા તમારાં અવલોકન નીચે ખાનાવાર નેાંધેા. નળીમાં પાણીથી સપાટીના આકારની નોંધ કરો (આ.૩૬)

આકૃતિ ૩૬.



નળીનેા અંદરનેા વ્યાસ વ	નળીમાં પાણીની ઊંચાઈ ઉ	$\frac{\text{વ}}{\text{ઉ}}$

આકૃતિ ૩૭.



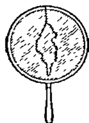
(૩) એ ત્રણ નળી પારામાં ડુબાવો. જુઓ કે નળીમાંના પારાની સપાટી બહારના પારાની સપાટી કરતાં નીચે રહે છે. જેમ નાકું બારીક તેમ અંદરની સપાટી નીચી હોય છે (આકૃતિ ૩૭).

(૪) બહુ સંભાળથી એક નાની ટાંકણીને પાણીની સપાટી ઉપર મૂકો (આકૃતિ ૩૮). જ્યાં સુધી પાણીને હલાવશો નહિ ત્યાં સુધી ટાંકણી પાણી ઉપર તરતી રહેશે (પ્રથમ ટાંકણીને બ્લોટીંગ પેપર ઉપર મૂકી, તે કાગળને પાણીની સપાટી ઉપર મૂકવાથી ટાંકણી આપમેળે તરતી રહેશે અને બ્લોટીંગ પેપર ડૂબી જશે.) એ જ પ્રમાણે એક સેફ્ટી બ્લેડને મૂકશો તો તે પણ તરતી રહેશે.

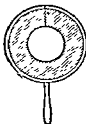
આકૃતિ ૩૮.



આકૃતિ ૩૯.



(૧)



(૨)

(૫) સાબુને પાણીમાં ઓગાળી ખૂબ ઘાડું દ્રાવણ (solution) બનાવો. હવે એક ગોળ તારનું વર્તુલ લઈ તેની અંદર ડુબાવી બહાર કાઢો. વર્તુલ ઉપર સાબુનું પૃષ્ઠ (film) બાઝશે. હવે એ સપાટી ઉપર બે છેડાને ગાંઠીને એક દોરીને ગમે તેમ નાંખો (આકૃતિ ૩૯, ૧). હવે એ દોરીના વચ્ચેના ભાગનાં પૃષ્ઠને ટાંકણી ભોંકી તોડી નાંખો તો આકૃતિ (૩૯, ૨) માં બતાવ્યા મુજબ દોરી વર્તુલાકાર બની જશે.

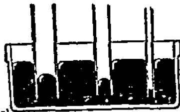
(૬) પારાની ઝીણી ધાર કાગળ ઉપર અથવા કાચની ઉપર પાડો. પારાનાં નાનાં મોટાં બિંદુના આકાર તપાસો (આકૃતિ ૪૦).

આકૃતિ ૪૦.

આમ બિંદુ બંધાઈ જવાનું કારણ પૃષ્ઠબળનું છે. પારાનો જથ્થો વધે તેમ બિંદુ સપાટ અને પહોળું થતું જાય છે. બારીક નાકાંવાળી આંખમાં દવા નાંખવાની નળી (eye dropper) માંથી પણ પ્રવાહીને ધીમે ધીમે બહાર કાઢો તો એક પછી એક બિંદુ છૂટાં પડે છે. આનુ કારણ પણ પૃષ્ઠબળ છે.

ઉપરના પ્રયોગો (૧, ૨, ૩, ૪ અને ૫) પ્રવાહીના કેશાકર્ષણના (capillarity) ગુણની ખાતરી કરી આપે છે. શાહીચૂસ કાગળમાં અને દિવેટમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે એનું કારણ પ્રયોગ (૩) વડે સ્પષ્ટ સમજાય છે. બારીક નાકાંવાળી નળીમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. શાહીચૂસ કાગળ અને દિવેટમાં પણ એ જ ગુણથી પ્રવાહી ઊંચે છે. દીવાની દિવેટમાં કેરોસિન તેલ ઊંચે ચઢે છે તેનું કારણ પણ આ જ છે. ફાઉન્ટન પેનની જીભીમાં શાહી કેશાકર્ષણના ગુણને લીધે જ જોઈતાં પ્રમાણમાં બહાર આવે છે. વનસ્પતિની બારીક શિરામાં પણ એ જ ગુણને લીધે પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. કેશાકર્ષણનો ગુણ પ્રવાહીના પૃષ્ઠબળ (surface tension) ને લીધે આવે છે. પ્રવાહીની સપાટી પૃષ્ઠ(film)ની પેઠે વર્તે છે અને તે જ કારણથી પ્રયોગ (૪) માં ટાંકણી ડૂબતી નથી. ટાંકણી ઉપર પ્રવાહીની સપાટી ઊંચે દબાણ કરે છે અને તેથી ટાંકણીનાં વજનને સમતોલ કરે છે. આ દબાણને પ્રવાહીનું પૃષ્ઠબળ (surface tension) કહેવામાં આવે છે. આ પૃષ્ઠબળને લીધે જ પ્રયોગ (૩) માં સાબુનું પૃષ્ઠ જાતે તૂટી જતું નથી. વળી દોરીની વચ્ચેનું પૃષ્ઠ તોડીએ છીએ ત્યારે દોરી વર્તલરૂપ ધારણ કરે છે; એટલે ખાતરી થાય છે કે દોરી ઉપર લાગતું પૃષ્ઠબળ (surface tension) દરેક દિશામાં એકસરખું લાગે છે.

આકૃતિ ૩૭.



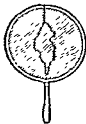
(૩) એ ત્રણ નળી પારામાં ડુબાવો. જુઓ કે નળીમાંના પારાની સપાટી બહારના પારાની સપાટી કરતાં નીચે રહે છે. જેમ નાકું બારીક તેમ અંદરની સપાટી નીચી હોય છે (આકૃતિ ૩૭).

(૪) બહુ સભાળથી એક નાની ટાંકણીને પાણીની સપાટી ઉપર મૂકો (આકૃતિ ૩૮). જ્યાં સુધી પાણીને હલાવશો નહિ ત્યાં સુધી ટાંકણી પાણી ઉપર તરતી રહેશે (પ્રથમ ટાંકણીને બ્લોટીંગ પેપર ઉપર મૂકી, તે કાગળને પાણીની સપાટી ઉપર મૂકવાથી ટાંકણી આપમેળે તરતી રહેશે અને બ્લોટીંગ પેપર ડૂબી જશે.) એ જ પ્રમાણે એક સેફ્ટી બ્લેડને મુકશો તો તે પણ તરતી રહેશે.

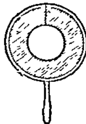
આકૃતિ ૩૮.



આકૃતિ ૩૯.



(૧)



(૨)

(૫) સાબુને પાણીમાં ઓગાળી ખૂબ ઘાડું દ્રાવણ (solution) બનાવો. હવે એક ગોળ તારનું વર્તુલ લઈ તેની અંદર ડુબાવી બહાર કાઢો. વર્તુલ ઉપર સાબુનું પૃષ્ઠ (film) બાઝશે. હવે એ સપાટી ઉપર બે છેડાને ગાંઠીને એક દોરીને ગમે તેમ નાંખો (આકૃતિ ૩૯, ૧). હવે એ દોરીના વચ્ચેના ભાગનાં પૃષ્ઠને ટાંકણી ભોંકી તોડી નાંખો તો આકૃતિ (૩૯, ૨) માં બતાવ્યા મુજબ દોરી વર્તુલાકાર બની જશે.

(૬) પારાની ઝીણી ધાર કાગળ ઉપર અથવા કાચની ઉપર પાડો. પારાનાં નાનાં મોટાં બિંદુના આકાર તપાસો (આકૃતિ ૪૦).

આકૃતિ ૪૦.

આમ બિંદુ બંધાઈ જવાનું કારણ પૃષ્ઠબળનું છે. પારાનો જથ્થો વધે તેમ બિંદુ સપાટ અને પહોળું થતું જાય છે. બારીક નાકાંવાળી આંખમાં દવા નાંખવાની નળી (eye dropper) માંથી પણ પ્રવાહીને ધીમે ધીમે બહાર કાઢો તો એક પછી એક બિંદુ છૂટાં પડે છે. આનું કારણ પણ પૃષ્ઠબળ છે.

ઉપરના પ્રયોગો (૧, ૨, ૩, ૪ અને ૫) પ્રવાહીના કેશાકર્ષણના (capillarity) ગુણની ખાતરી કરી આપે છે. શાહીચૂસ કાગળમાં અને દિવેટમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે એનું કારણ પ્રયોગ (૩) વડે સ્પષ્ટ સમજાય છે. બારીક નાકાંવાળી નળીમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. શાહીચૂસ કાગળ અને દિવેટમાં પણ એ જ ગુણથી પ્રવાહી ઊંચે છે. દીવાની દિવેટમાં કેરોસિન તેલ ઊંચે ચઢે છે તેનું કારણ પણ આ જ છે. ફાઉન્ટન પેનની જીભીમાં શાહી કેશાકર્ષણના ગુણને લીધે જ જોઈતાં પ્રમાણમાં બહાર આવે છે. વનસ્પતિની બારીક શિરામાં પણ એ જ ગુણને લીધે પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. કેશાકર્ષણનો ગુણ પ્રવાહીના પૃષ્ઠબળ (surface tension) ને લીધે આવે છે. પ્રવાહીની સપાટી પૃષ્ઠ(film)ની પેઠે વર્તે છે અને તે જ કારણથી પ્રયોગ (૪) માં ટાંકણી ડૂબતી નથી. ટાંકણી ઉપર પ્રવાહીની સપાટી ઊંચે દબાણ કરે છે અને તેથી ટાંકણીનાં વજનને સમતોલ કરે છે. આ દબાણને પ્રવાહીનું પૃષ્ઠબળ (surface tension) કહેવામાં આવે છે. આ પૃષ્ઠબળને લીધે જ પ્રયોગ (૨) માં સાબુનું પૃષ્ઠ જાતે તૂટી જતું નથી. વળી દોરીની વચ્ચેનું પૃષ્ઠ તોડીએ છીએ ત્યારે દોરી વર્તુલરૂપ ધારણ કરે છે; એટલે ખાતરી થાય છે કે દોરી ઉપર લાગતું પૃષ્ઠબળ (surface tension) દરેક દિશામાં એકસરખું લાગે છે.

પ્રયોગ (૩) અને (૪) માં નળીમાંની પ્રવાહીની સપાટીના આકાર ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે પાણીની સપાટી અંતર્ગોળ (concave) રહે છે અને પારાની સપાટી બહિર્ગોળ (convex) રહે છે. એ ઉપરથી આપણે કલ્પી શકીએ કે નળીની બાજુ સાથે પાણીનું પૃષ્ઠ વળગીને ઊંચે વળેલું છે અને તેથી જ નળીમાં પાણી ઊંચે રહે છે. એથી ઉલટું પારાનું પૃષ્ઠ નળીની સપાટીને વળગીને નીચે વળેલું હોય છે અને તેથી બારીક નળીમાં પારાની સપાટી નીચે ઊતરે છે અને બહિર્ગોળ બને છે.

નળીનુ કાણુ જેમ વધુ બારીક તેમ બહારનાં અને અંદરનાં પ્રવાહીની સપાટીની વચ્ચેની ઊંચાઈનો તફાવત પણ વધુ ને વધુ હોય છે. પાણીની સપાટી બારીકમાં બારીક નાકાંની નળીમાં સૌથી વધુ ઊંચી હોય છે. એ જ પ્રમાણે પારાની સપાટી સૌથી વધુ બારીક નળીમાં વધુ નીચી હોય છે.

આપણા સૂકા વાળને કાંસકી વડે હોળીએ તો વાળ પાછા છૂટા પડી જાય છે, પરંતુ વાળમાં તેલ અથવા પાણી નાંખી હોળીએ તો તે વળગેલા રહે છે. આનું કારણ પણ તેલ અથવા પાણીનું પૃષ્ઠબળ જ છે. બે વાળની વચ્ચે તેલ અથવા પાણીનું પૃષ્ઠ બાઝી જાય છે અને તે બન્ને વાળને આકર્ષી રાખે છે. પાણી અથવા તેલ સુકાઈ જાય એટલે વાળ પાછા છૂટા પડી જાય છે. ચોપડીનાં પાના ફેરવતી વખતે ઘણા આંગળી ઉપર પાણી લગાડે છે. પાણી લગાડીએ એટલે પાણીના પૃષ્ઠબળથી કાગળ આંગળી સાથે વળગી જાય છે. નાની વસ્તુ અગર કાગળનો ટુકડો ઊંચકી શકાતો ન હોય તો આંગળી ઉપર પાણી લગાડી તેના ઉપર દબાવી દેવાથી વસ્તુ આંગળીએ વળગી આવશે. બારીક નળીમાંથી થોડાં દબાણથી નીકળતું પ્રવાહી બિંદુરૂપે બહાર પડે છે તેનું કારણ પણ પૃષ્ઠબળ

છે. ઘણી વાર તેલ ઉપર બારીક પાણીના બિંદુ તરતાં રહે છે અને પ્રસરી જતાં નથી. એનું કારણ પણ પૃષ્ઠબળ છે. એ જ પ્રમાણે પૃષ્ઠબળને લીધે પાણીનાં બારીક બિંદુ પાણીની સપાટી ઉપર અથવા બીજી સપાટી ઉપર પણ સ્વતંત્ર રીતે ગબડે છે.

સાર

૧. આર્કિમિડિસે એક નિયમ શોધ્યો હતો અને તે વડે પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુના ભારમાં શાથી અને કેટલો ઘટાડો થાય છે તે માલૂમ પડે છે.

પ્રવાહીમાં ડૂબેલી દરેક વસ્તુના વજનમાં ઘટાડો થાય છે ડૂબેલી વસ્તુની ઉપર પ્રવાહી ઊંચે દબાણ કરે છે. એ દબાણને શિરદાબ (upthrust) અથવા ઊંચી દિશામાં લાગતુ દબાણ કહેવામાં આવે છે.

૨. કોઈ પણ પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુના ભારમાં થયેલો ઘટાડો તે વસ્તુનાં કદનાં જેટલાં પ્રવાહીનાં ભારના જેટલો જ થાય છે.

વસ્તુના વજનનો ઘટાડો = વસ્તુના જેટલાં કદના પ્રવાહીનો ભાર
= વસ્તુ ઉપર લાગતો શિરદાબ.

૩. આર્કિમિડિસના નિયમના ઉપયોગથી ઘન તેમજ પ્રવાહી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધી કઢાય છે, (જુઓ પ્રયોગ ૧ ફકરો ૩, ૪).

૪. પ્રવાહીની અંદર જેમ ઊંડે જઈએ તેમ દબાણ વધે છે. એ દબાણ પ્રવાહીની અંદરનાં કોઈ પણ બિંદુ આગળ ચારે દિશામાં લાગે છે. દબાણનો આધાર પ્રવાહીની ખુલ્લી સપાટીથી તે બિંદુની ઊંડાઈ અને પ્રવાહીની ઘનતા ઉપર હોય છે.

પ્રવાહીની અંદર લાગતું દબાણ = પ્રવાહીની ઘનતા × શિરોલંબ ઊંડાઈ.

૫. પ્રવાહીથી હલકી વસ્તુ સપાટી ઉપર તરે છે. દરેક તરતી વસ્તુના ડૂબેલા ભાગથી જેટલું પ્રવાહી સ્થળાંતર થાય છે એટલાં પ્રવાહીનું વજન તે તરતી વસ્તુના વજનની બરાબર થાય છે.

૬. જો વસ્તુની ઘનતા પ્રવાહીની ઘનતાથી ઓછી હોય તો તે પ્રવાહીમાં

તરે છે; વસ્તુની ઘનતા પ્રવાહીની ઘનતાની સરખી હોય તો વસ્તુ પ્રવાહીમાં ગમે ત્યાં સમતોલ રહે છે; અને તે વસ્તુની ઘનતા પ્રવાહીની ઘનતાથી વધુ હોય તે પ્રવાહીમાં ડૂબે છે.

૭. એક ઘન સેંટીમિટર ઉપર પ્રવાહીનું ગ્રામ વજનમાં જેટલું જોર થાય તેને અથવા એક ચોરસ ફૂટ ઉપર પાઉંડમાં જે જોર થાય તેને પ્રવાહીનું દબાણ (pressure) કહેવામાં આવે છે. અમુક સપાટી ઉપર કુલ દબાણ થાય તેને જોર (force) કહેવામાં આવે છે.

જોર (force) = દબાણ (pressure) × સપાટીનું ક્ષેત્રફળ (area).

૮. દ્રવતુલા (hydrometer) પ્રવાહી ઉપર તરતું પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા માપવાનું એક સાધન છે. એ સાધન વધુ ઘનતાવાળા પ્રવાહીમાં ઓછું ડૂબે છે અને ઓછી ઘનતાવાળાં પ્રવાહીમાં વધુ ડૂબે છે. એની ઊભી દાંડી ઉપર પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતાના આંકો પાડેલા હોય છે.

૯. એકરુપ પ્રવાહીની ખુલ્લી સપાટી એકસરખી ઊંચાઈએ રહે છે. આથી જ ઊંચી જગ્યાએ રાખેલું પાણી ફૂવારા વડે ઊંચે ઊડે છે તેમ જ શહેરમાં નળદ્વારા પાણી ઊંચા મકાન ઉપર ચઢે છે.

૧૦. U–નળી તથા હેરના ઉપકરણ વડે પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા માપી શકાય છે.

[જુઓ પ્રયોગો (૧), (૨), અને (૩), ફકરો ૧૭]

$$\text{એક બાજુના પ્રવાહીની ઊંચાઈ} \times \text{પ્રવાહીની ઘનતા} = \text{બીજી બાજુનાં પાણીની ઊંચાઈ} \times \text{પાણીની ઘનતા}$$

$$\text{એટલે, પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{પાણીની ઊંચાઈ}}{\text{પ્રવાહીની ઊંચાઈ}}$$

૧૧. પારકલનો નિયમ:—એક બંધ કરેલા પ્રવાહીના જથ્થામાં એક બાજુ જેટલું દબાણ કરવામાં આવે તેટલું દબાણ દરેક દિશામાં એકસરખું પ્રસરી જાય છે અને દરેક સપાટી ઉપર લબ દિશામાં લાગે છે.

આ નિયમનો ઉપયોગ જળદાબ યંત્ર (hydraulic press) વડે ઘણું

દબાણ કરી ગાંસડી બાંધવામાં તેમજ ચોપડા દબાવવામાં થાય છે. એ યંત્રમાં એક બાજુ બંધ વાસણમાં નાના પિસ્ટન વડે દબાણ કરવામાં આવે છે અને તે દબાણ બીજી બાજુનાં બંધ વાસણમાં મોટા પિસ્ટનની સપાટી ઉપર લાગે છે.

નાના પિસ્ટન ઉપર લગાડેલું જોર (F_1) = પિસ્ટનનું ક્ષેત્રફળ (A_1) × દબાણ (P)

મોટા પિસ્ટન ઉપર લાગતું જોર (F_2) = પિસ્ટનનું ક્ષેત્રફળ (A_2) × દબાણ (P)

$$\therefore \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad \therefore F_2 = F_1 \times \frac{A_2}{A_1}$$

મોટા પિસ્ટન ઉપરનું કુલ જોર = નાના પિસ્ટન ઉપર લગાડેલું કુલ જોર × $\frac{\text{મોટા પિસ્ટનનું ક્ષેત્રફળ}}{\text{નાના પિસ્ટનનું ક્ષેત્રફળ}}$

૧૨. પ્રવાહીમાં ડુબાડતાં કેશાકર્ષણ (capillary action) વડે બારીક નળીમાં, કપડાંના બારીક છિદ્રોમાં, અને બ્લોટિંગના છિદ્રોમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. કેશાકર્ષણનું કારણ પ્રવાહીનું પૃષ્ઠબળ (surface tension) છે. પૃષ્ઠબળનો ઉપયોગ અનેક રીતે થાય છે. આ બળના આધારે તેલના દીવામાં દિવેટની અંદર તેલ ઊંચે ચઢે છે. બ્લોટિંગ કાગળના છેડાને અગર કપડાંના છેડાને ડુબાડતાં પણ પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. સુકાયેલા વાળ તેલ અથવા પાણીના પૃષ્ઠબળ વડે જોડાયેલા રહે છે. પ્રવાહીથી ભીંજવેલી આંગળી ઉપર કાગળ અગર હલકી વસ્તુ પ્રવાહીના પૃષ્ઠબળ વડે વળગી આવે છે.

પ્રશ્નો

(૧) પાણીની અંદર એક બૂચનો ટુકડો અને પથ્થર છોડી દેવામાં આવે તો શું થશે એ દલીલ સહિત સમજાવો. તરતી વસ્તુના નિયમ દર્શાવો.

(૨) ડૂબેલી વસ્તુ ઉપર કેટલો શિરદાબ (upthrust) લાગે છે ? પ્રવાહીનું દબાણ કયી દિશામાં અને કેટલું થાય છે ?

(૩) દબાણ અને જોરની વ્યાખ્યા આપો દબાણ કેમ માપશો ?

(૪) આર્કિમિડિસ વિષે શુ જાણો છો ? આર્કિમિડિસના નિયમની વ્યાખ્યા લખો એ નિયમ વડે વસ્તુનુ કદ કેમ શોધાય છે ?

(૫) પ્રવાહીની ઘનતા નક્કી કરવામા આર્કિમિડિસનો નિયમ કેમ વાપરશો ?

(૬) એક હોડી નદીમાથી સમુદ્રમા દાખલ થાય છે એ ઉપર આવશે કે ઊંડે જશે ?

(૭) માખણ વધુ ઘટ્ટ કે છાશ ? દૂધમાથી મલાઈ કાઢી લેવાથી દૂધની ઘનતા વધશે કે ઘટશે ?

(૮) લોખડ જેવી ભારે વસ્તુની બનેલી સ્ટીમર પાણી ઉપર તરે છે અને સબમરીન પાણીમા સમતોલ રહે છે એનુ કારણ શુ ?

(૯) દ્રવતુલાની રચના અને ઉપયોગ સમજાવો એના ઉપર નોધેના આકડામા મોટા આકડા ઊંચે આવશે કે નીચે ?

(૧૦) પાસ્કલનો નિયમ લખો એને પુરવાર કરતો સાદો પ્રયોગ બતાવો

(૧૧) કાચની બધ શીશીમા બૂચ ઉપર સહેજ દબાણ કરતા શીશી ફૂટી જાય છે કારણ શુ ?

(૧૨) જળદાબ યત્ર (hydraulic press) ની રચના સમજાવો

(૧૩) ફુવારો ઊંચે કેમ ઊડે છે ? શહેરમા પાણી કેવી રીતે વહેંચવામા આવે છે ?

(૧૪) U—નળી અને હેરના ઉપકરણ વડે પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા કેમ માપી શકાય છે ?

(૧૫) બારીક નળીને પાણીમા ડૂબાવતા પાણી તેના છિદ્રમા ઊંચે ચઢે છે કારણ શુ ?

(૧૬) કેશાકર્ષણ અને પૃષ્ઠતાણ એટલે શુ તે દાખલા આપી સમજાવો

(૧૭) ભીંજેલા અથવા તેલવાળા વાળ છૂટા પડતા નથી કારણ શુ ?

પ્રકરણ ૫

વાતાવરણ અને તેનું દબાણ

૧. હવાને વજન છે. ઉપલક દૃષ્ટિએ જોતાં હવા લક્ષમાં આવતી નથી. સાધારણું રીતે એમ લાગે છે કે હવાને વજન નથી તેમજ હવા ગતિને અવરોધતી નથી. પરંતુ આપણે એક જાડું કાગળનું પુઠું લઈને આડું રાખી જોરથી હલાવીએ તો સમજાય છે કે હવા વસ્તુની ગતિને અવરોધે છે. એ જ રીતે હવાને વજન નથી એ માન્યતા પણ ખોટી છે. જેને એક ચકલીવાળી નળી જોડેલી હોય તેવું એક કાચનું હલકું ગોળાકાર વાસણ લઈને પ્રથમ ચાવી ખૂલી રાખી એક ઘણા જ તિવ્ર ત્રાજવાં વડે તોલ્યા પછી તેની અંદરની હવા એકાદ પંપ વડે કાઢી લઈ ફરીથી તેનું વજન કરવામાં આવે તો માલૂમ પડે છે કે ગોળામાં રહેલી હવાનું પણ વજન છે અને તેથી હવાને કાઢી લેતાં ગોળાનું વજન ઓછું થાય છે. આ વજન ઘણું સૂક્ષ્મ છે એટલે સાધારણ રીતે એ લક્ષમાં આવી શકતું નથી. એક ૧૨ ઘન ફૂટ કદની પેટી હોય તો તેની અંદરની હવાનું વજન એક રતલ થાય છે. જો એક ઓરડાની લંબાઈ, પહોળાઈ, અને ઊંચાઈ અનુક્રમે ૬૦ ફૂટ, ૩૦ ફૂટ અને ૧૫ ફૂટ હોય તો તેની અંદર રહેલી હવાનું વજન એક ટન (૫૬ મણ) થાય છે. એક ઘન સેંટીમિટર કદની હવાનું વજન $\frac{૧}{૭૭૩}$ ગ્રામ (૦.૦૦૧૨૯૩ ગ્રામ) છે, એટલે પાણી હવાથી ૭૭૩ ગણુ ભારી છે. હવાને વજન છે. હવાની અંદર રહેલી વસ્તુ ઉપર પણ હંમેશાં પ્રવાહીની પેઠે દબાણ થાય છે. પૃથ્વીની સપાટી ઉપર વાતાવરણ (atmosphere) ઓછામાં ઓછું ૧૫૦ માઈલ ઊંચે સુધી વિસ્તરેલું છે, એટલે એકંદરે હવાનું પુષ્કળ દબાણ હોય છે, અને કેટલાક પ્રયોગો વડે જ એનો ખ્યાલ આવી શકે તેમ હોય છે. હવાનાં

દબાણુનો પ્રથમ ખ્યાલ ગૅલિલિયોને આવ્યો હોય એમ જણાય છે. એક ઉમરાવનો કૂવો ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંડો હતો અને તેમાંથી પંપ વડે પાણી નીકળતું ન હતું. આ બાબત ગૅલિલિયોના ધ્યાન ઉપર લાવવામાં આવી. ગૅલિલિયોએ જોયું કે પૂંપમાં કંઈ વાંધો ન હતો. તેણે એમ પણ શોધી કાઢ્યું કે કોઈ અજ્ઞાત કારણથી પંપ વડે પાણી ૩૪ ફૂટથી ઊંચે આવી જ ન શકે. આ અજ્ઞાત કારણની શોધ કરવાનું કાર્ય એના એક ટૉરિસિલી નામના શિષ્યને ભાગ આવ્યું.

૨. **ટૉરિસિલી.** ટૉરિસિલીના સમય સુધી એમ માનવામાં આવતું હતું કે કુદરત શૂન્યાવકાશ (vacuum) ને ધિક્કારે છે, એટલે હંમેશાં જ્યાં શૂન્યાવકાશ થાય ત્યાં દ્રવ્ય તેની જગ્યા લેવા તરત ધસી જાય છે. આ મતને ટૉરિસિલીએ ખંડિત કર્યો અને પ્રતિપાદિત કર્યું કે હવાનાં દબાણને લીધે જ પાણી પંપની નળીમાં ઊંચે ચઢે છે. જ્યારે લેમન અથવા સોડા નળી (reed) વડે પીવામાં આવે છે (આકૃતિ ૪૧), ત્યારે પણ નળીની અંદરની હવા શોષી લેવાથી થોડું શૂન્યાવકાશ થાય છે. આમ હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે અને બહારની હવાનાં વધું દબાણથી પ્રવાહી નળીમાં ઊંચે ચઢે છે. ટૉરિસિલીએ આ સિદ્ધાંતના આધારે પ્રથમ પારાથી ભરેલી નળીનું વાયુભારમાપક (barometer) રચ્યું અને પારાની ઊંચાઈમાં થતા વધઘટનું કારણ વાતાવરણનાં દબાણમાં થતા ફેરફારનુંજ હોવાનું નક્કી કર્યું. અત્યારનાં હવામાનશાસ્ત્ર (meteorology) નો ઉત્પાદક ટૉરિસિલી ગણી શકાય.

આકૃતિ ૪૧.



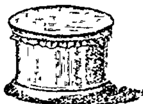
૩. **વાતાવરણનું દબાણ.** ઉપર કહ્યું તેમ આપણે હવામાનના ૧૫૦ માઈલથી વધુ ઊંચાઈના સ્તરમાં દબાયેલા છીએ. એક

ચોરસ ઇંચ જગ્યા ઉપરના હવાની ઊંચાઈના જથ્થાનું વજન કરીએ તો ૧૫ રતલ થાય છે. આ રીતે જોતાં માણસના શરીરના દરેક ચોરસ ઇંચ ભાગ ઉપર ૧૫ રતલનું દબાણ થાય છે. આમ છતાં આપણને આ દબાણની અસર થતી નથી. કારણ કે આપણા શરીરના અંદરના ભાગમાં રહેલી હવાનું પણ એટલુંજ દબાણ સામી બાજુએ લાગે છે. અંદરનું અને બહારનું દબાણ એકબીજાંને સમતોલે છે, એટલે આપણને આવાં પ્રચંડ દબાણનો ખ્યાલ પણ આવતો નથી. કેટલીક વાર શરીરમાં ઘા પડ્યો હોય અથવા વાગ્યું હોય તો અમુક નસોમાં વધુ હવાનો ભાગ દબાણથી ગોંધાઈ રહે છે. આથી જો બહારની હવાનું દબાણ ઓછું થાય તો એ નસોની અંદરની હવાનું દબાણ વધુ હોવાથી શરીરમાં દુખાવો થાય છે. આવા બનાવને સાધારણ રીતે વાદળ થવાથી વાગેલા ભાગોમાં દુખાવો થાય એમ કહી સમજાવવામાં આવે છે; પરંતુ ખરું કારણ એ છે કે વરસાદનું વાદળ થાય ત્યારે ઘણુંખરું વાતાવરણનું દબાણ ઓછું થાય છે, અને તેથી દુખાવો થાય છે. આ જ કારણને લીધે જો ઘણા ઊંચા પર્વત ઉપર જઈએ તો આપણા શરીરની નસોમાં ગોંધાયેલી હવાનું દબાણ બહારની હવાના દબાણથી વધુ હોવાથી નસોમાં ઘણો દુખાવો થાય છે, અને કેટલીક વાર નસ ફાટી જવાથી નાકે અને મોંએ લોહી પડે છે. આ કારણથી વાતાવરણમાં લગભગ ૨૨,૦૦૦ ફૂટથી ઊંચે જવાનું ઘણું મુસીબત ભર્યું છે.

૪. **હવાનાં દબાણ દર્શાવતા પ્રયોગો.** (૧): એક હવા ખેંચવાના પંપ (vacuum pump) વડે રબરના પડદાથી બંધ કરેલા વાસણમાંથી (આકૃતિ ૪૨) થોડી હવા ખેંચી લો. એ રબર નીચે દબાય છે, કારણ કે અંદરની હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે અને બહારની હવાનાં વધુ દબાણથી રબર નીચે દબાય છે. પાછી હવા દાખલ કરો કે તરત એ રબર અસલ

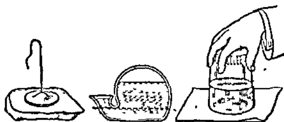
સ્થિતિમાં આવે છે, કારણ કે અંદરની હવાનું અને બહારની હવાનું દબાણ સરખું થાય છે.

આકૃતિ ૪૨.



(૨): એક ટીનના ડબ્બામાં થોડું પાણી ભરીને ખુબ ઊકાળ્યા પછી એનું મોંઢું ચુસ્ત બંધ કરી એને ઠંડો પડવા દો. અંદરની વરાળનું પાછું પાણી બની જશે અને અંદરના ભાગમાં શૂન્યાવકાશ (vacuum) થવાથી આખો ડબ્બો ખેંચાઈ જઈને ચિમળાઈ જશે. આ બન્ને પ્રયોગોથી એટલું ચોક્કસ પુરવાર થાય છે કે વાતાવરણનું દબાણ ઘણું મોટું છે.

આકૃતિ ૪૩.



(૧) (૨) (૩)

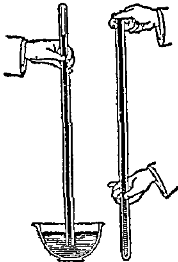
(૩) આકૃતિ ૪૩ (૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક લીસાં ચામડાનો ટુકડો લઈને કાચની તક્તી ઉપર સહેજ-પાણી નાંખી બરાબર ચોંટાડો. હવે વચ્ચે બાંધેલી દોરીથી એને ખેંચવામાં આવે તો એને ઉખેડવામાં ઘણી મુસીબત પડે છે. એનું કારણ એ છે કે એને ખેંચતા તળિયાંમાં શૂન્યાવકાશ થાય છે અને ઉપરથી હવાનું પ્રચંડ દબાણ લાગે છે. (૪): આકૃતિ ૪૩ (૨) માં એક શાહીનો ખડિયો બતાવ્યો છે એમાં જમણી બાજુની શાહીની ઉપરની હવાનું દબાણ ઓછું છે અને ડાબી બાજુના ખુલ્લાં મોંની સપાટી ઉપર બહારની હવાનું દબાણ વધુ છે. આથી જમણી બાજુની શાહીની સપાટી ઊંચી

હોવા છતાં શાહી ડાબી બાજુથી બહાર નીકળી આવતી નથી. (૫) : આકૃતિ ૪૩ (૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે નીચેથી એક પાણીના પ્યાલાને સંપૂર્ણ ભરી તેના ઉપર એક જાડું કાગળ મૂકી પ્યાલાને ઊંધો વાળો. હાથ ઉપાડી લઈએ તો પણ પાણી નીચે નીકળી આવતું નથી, કારણ કે કાગળની ઉપરનાં પાણીનાં દબાણ કરતાં એની નીચેથી થતુ હવાનું દબાણ ઘણું જ વધારે છે.

૫. વાતાવરણનાં દબાણનું માપ. વાતાવરણના વાયુનાં દબાણનું માપ પ્રથમ ટોરિસિલીએ કાઢ્યું. પંપ વડે પાણી ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે ન ચઢી શકે એ ઘટના ઉપરથી એણે અનુમાન કાઢ્યું કે ૩૪ ફૂટ ઊંચાઈનાં પાણીથી જેટલું દબાણ થાય છે, તેટલું જ દબાણ વાતાવરણનું પણ હોવું જોઈએ. વળી એણે વિચાર્યું કે, "જો હવાનાં દબાણથી પાણી ૩૪ ફૂટ ઊંચે સુધી જ ચઢે છે તો પારો જે પાણીથી ૧૩.૬ ગણો ભારી તે હવાનાં દબાણથી ૩૦ ઇંચ ઊંચે સુધી જ ચઢી શકશે; અને એક નળીમાંથી હવા તદ્દન શોષી લેવામાં આવે તોપણ પારો ૩૦ ઇંચથી વધુ ઊંચે ચઢવો ન જોઈએ." આ ઉપરથી એણે ૩૦ ઇંચથી વધુ લાંબી નળી લઈને પારાથી ભરીને એક પારાના પ્યાલામાં તે નળીનો ખુલ્લો છેડો ડુબાવી નળીને ઊભી કરી. આ પ્રયોગથી તેને માલૂમ પડ્યું કે નળીમાં પારાના સ્તંભની ઊંચાઈ ૩૦ ઇંચથી વધુ ન હતી. ઉપરના ભાગમાંનો પારો આપમેળે નીચે ઊતરી ૩૦ ઇંચ ઊંચાઈએ આવી રહ્યો.

૭. વાયુભારમાપક (Barometer). પ્રયોગઃ-(૧) એક છેડે ખુલ્લી અને બીજે છેડે બંધ હોય એવી એક લગભગ ૮૦ સેમિ. લાંબી કાચની નળી લો. પ્રથમ એને આખી પારા વડે ભરી દો. નળીમાં હવાના

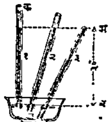
આકૃતિ ૪૪.



વાયુભારમાપકની રચના

પરપોટા ન રહે તેની કાળજી રાખો. હવે ખુલ્લા છેડાને અંગૂઠા વડે બંધ કરી (આકૃતિ ૪૪) એક પારાથી ભરેલા વાડકામાં ઊંધી વાળો. એમ કરતાં માલૂમ પડે છે કે નળીમાંના પારાની સપાટી થોડે નીચે આવી છે. પારાની ઊંચાઈ લગભગ ૩૦ ઇંચ અથવા ૭૬ સેંટીમિટર જેટલી છે તેની નોંધ લો. (૨) હવે નળીને આકૃતિ (૪૪, અ) માં બતાવેલી ૧, ૨ અને ૩ જેવી સ્થિતિમાં લાવો. જેમ નળી નમતી જશે તેમ પારો નળીમાં ઊંચે ચઢે છે. છેલ્લી સ્થિતિમાં નળી તદ્દન ભરાઈ જાય છે. આમ છતાં પારાની સપાટીની શિરોલંબ (vertical) ઊંચાઈ અ વ હંમેશાં લગભગ ૩૦ ઇંચ અથવા ૭૬ સેંટીમિટર જેટલી જ રહે છે.

આકૃતિ ૪૪, અ



ઉપરના પ્રયોગોથી માલૂમ પડે છે કે ઊંધી વાળેલી નળીમાંના પારાનું જેટલું દબાણ વાડકીમાંના પારાની સપાટી ઉપર થાય છે તેટલું જ દબાણ બહારની હવા પણ વાડકીમાંના પારાની સપાટી ઉપર કરે છે. આ રીતે હવાનું દબાણ નળીમાંના પારાને સમતોલે છે. વાડકીના પારાની બહારની સપાટીથી જેટલી ઊંચાઈએ નળીમાંના પારાનો સ્તંભ (column) રહે છે તેનાં વજન જેટલું દબાણ બહારની હવાનું પણ છે. નળીના ઉપલા ભાગમાં શૂન્યાવકાશ (vacuum) છે તેની પ્રયોગ (૨) ઉપરથી ખાતરી થાય છે. એ શૂન્યાવકાશવાળી જગ્યાને ટૉરિસિલીનું શૂન્યાવકાશ કહેવામાં આવે છે. પ્રયોગ (૨) ઉપરથી એ પણ માલૂમ પડે છે

કે નળીને નમાવીએ તો પણ પારાના સ્તંભની શિરોલંબ ઊંચાઈ અ વ જેટલી જ રહે છે. આ પ્રકારે તૈયાર કરેલાં સાધનને વાયુભારમાપક (barometer) કહેવામાં આવે છે.

૮. પાસ્કલનો પ્રયોગ. ટૉરિસિલીની શોધ પછી પાસ્કલે બીજા એક પ્રયોગ વડે તદ્દન ચોક્કસ પુરવાર કર્યું કે વાયુભારમાપકની નળીમાં રહેલો પારો વાતાવરણનાં દબાણનું (atmospheric pressure) માપ દર્શાવે છે. પારાની ઊંચાઈમાં થતા ફેરફાર વાતાવરણનાં દબાણમાં થતા ફેરફારને જ આભારી છે. પાસ્કલે એમ ધ્યાન દોડાવ્યું કે જેમ પ્રવાહીમાં ઊંડેથી ઉપર આવતાં દબાણ ઓછું થાય છે, તેમ વાતાવરણમાં પણ નીચી જગાએથી ઊંચે જઈએ તો હવાનું દબાણ ઓછું થવું જોઈએ. આ પ્રયોગ તેણે પ્રથમ એક મિનારામાં કર્યો તેમાં હવાનાં દબાણનો ઘણો નજીવો ફેર માલૂમ પડ્યો. ત્યારપછી તેણે તેના સસરા ઉપર કાગળ લખી તેના મુકામ નજીક આવેલા એક પર્વતના શિખર ઉપર જઈ આ પ્રયોગ કરવા સૂચવ્યું. તેના જવાબમાં તેને આશ્ચર્યકારક ફતેહના સમાચાર મળ્યા. પર્વતના શિખર ઉપર વાયુભારમાપકને લઈ જતાં માલૂમ પડ્યું કે પારાની સપાટી ૩ ઇંચ નીચે આવી. આ પ્રયોગ વડે વાયુભારમાપકનો બીજો ઉપયોગ પણ સમજાયો કે વાતાવરણની ઊંચાઈના પ્રમાણમાં પારાની સપાટી નીચે આવતી હોવાથી, એના વડે હવામાં ઉચ્ચત્વ (altitude) માપી શકાય છે. ઘણાખરા પર્વતોની ઊંચાઈ અને વિમાનનું ઉચ્ચત્વ (altitude) વાયુભારમાપક વડે માપવામાં આવે છે.

૯. પહેલું વાયુભારમાપક. ટૉરિસિલીએ વાયુભારમાપક તૈયાર કર્યું હતું તે અત્યારના વાયુભારમાપકથી ખાસ જુદું ન હતું; પરંતુ સૌથી કુતૂહલ ઉપજાવે એવું વાયુભારમાપક મૅડબર્ગના ઑટો

ફોન ગીરીકનું હતું. તેણે એ વાયુભારમાપક માટે પાણી વાપર્યું હતું, એટલે એ નળી લગભગ બત્રીસ ફૂટથી વધુ ઊંચી હતી અને તે જમીનથી માંડીને એના ઘરનાં છાપરાની બહાર નીકળતી હતી. નળીમાંનાં પાણીની ઉપલી સપાટી ઉપર એક લાકડાની ઢીંગલી તરતી હતી. એ ઢીંગલી સારી ઋતુ વખતે ઘરનાં છાપરાંની બહાર તરતી રહેતી પરંતુ જ્યારે હવાનું દબાણ ઓછું થઈ ઋતુ ખરાબ થતી ત્યારે તે આપોઆપ પાણીની સપાટી સાથે ઘરમાં ઊતરી જઈ નજરબહાર થતી. આ ઉપરથી ઘણા એમ માનતા હતા કે ગીરીકને સેતાન સાથે સંબંધ હોવો જોઈએ.

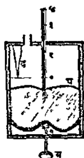
૧૦. વાયુભારમાપકના પ્રકાર. ટોરિસિલીની શોધ પછી થોડાઘણા સુધારા બાદ કરતાં, અત્યારનું પારાનું વાયુભારમાપક લગભગ તેવું જ છે. આકૃતિ (૪૫) અને (૪૭) માં બતાવેલાં બે વાયુભારમાપક હાલમાં પ્રચલિત છે. ફોર્ટીનનું વાયુભારમાપક આકૃતિ (૪૫) માં બતાવ્યું છે. હવાનાં દબાણના ફેરફારથી એમાંના પારાની સપાટી ઊંચેનીચે જાય છે અને તેથી વાતાવરણનાં દબાણની વધઘટનું માપ નીકળે છે. વાયુભારમાપકની નળી ઉપર પારાના સ્તંભની ઊંચાઈનાં માપ આંકેલાં છે. પારાના સ્તંભની ઊંચાઈનું માપ નીચેના પ્યાલાની અંદરના પારાની સપાટી ઉપરથી કાઢવું જોઈએ. પરંતુ આ સપાટી એક જ જગ્યાએ રહેતી નથી. આથી પારાના સ્તંભનું ચોક્કસ માપ કાઢવું હોય તો દરવખતે નળી ઉપર આંકેલા શૂન્ય ઊંચાઈનાં આંકડા આગળ જ પ્યાલામાંના પારાની સપાટી હોવી જોઈએ. આ પ્રમાણે દરવખતે નીચેના પારાની

આકૃતિ ૪૫.



સપાટી એક જ જગ્યાએ આવી રહે તેટલા માટે નીચેની યોજના કરવામાં આવી છે (આકૃતિ ૪૬). નીચેના પ્યાલામાં એક દર્શક (pointer) દ ની અણી શૂન્યના આંક આગળ રાખેલી છે. દર વખતે પારાની સપાટી (પ) એ અણી સુધી લાવવાથી નળીમાંના પારાના સ્તંભની ખરી ઊંચાઈ માપી શકાય છે. પારાથી ભરેલાં વાસણમાં નીચે એક ચામડાંનો પડદો ચ રાખવામાં આવે છે. જો પારાની સપાટી દર્શક (pointer) ની અણીથી નીચે કે ઊંચે જાય તો નીચેના સ્ક્રૂ સ ને ઊંચેનીચે ખસેડી એ સપાટીને હંમેશાં દર્શકની અણીને અડે તેમ લાવવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૪૬.



આકૃતિ (૪૭) માં સાઈફન (siphon) વાયુ-ભારમાપક બતાવેલું છે. એમાં નીચેનો ટૂંકો છેડો વાંકો વાળીને ઊંચે ખુલ્લો રાખેલો છે. એ ખુલ્લા છેડાની પારાની સપાટી ઉપર જેટલું હવાનું દબાણ થાય છે તેટલું જ દબાણ નળીના પારાના સ્તંભનું એ જ સપાટીએ થાય છે. પરંતુ પારાની બન્ને સપાટી ઊંચેનીચે જતી હોવાથી તેમાં ઉપર અને નીચે બન્ને માપ વાંચી નીચેની સપાટીથી ઊંચેની સપાટીની ઊંચાઈ કાઢવાથી હવાનું દબાણ નીકળે છે.

૧૧. એનેરોઈડ વાયુ-ભારમાપક (**Aneroid Barometer**) પારાનું વાયુભારમાપક ઘણું લાંબુ અને એકંદરે અગવડભરેલું છે. પર્વતની ઊંચાઈ માપવા, વિમાનની અંદર રાખવા અને જમીનની સપાટીનું અવલોકન કરવા માટે એને લઈ જવાંમાં ઘણી મુસીબત પડે છે. એટલા માટે એનેરોઈડ (નિદ્રવ) વાયુભારમાપક નામે યંત્ર રચવામાં આવ્યું છે (આકૃતિ ૪૮,અ). એની અંદર એક બંધ ડબ્બો A હોય છે. એ ડબ્બાની ઉપલી બાજુ પાતળાં અને

આકૃતિ ૪૭.

સાઈફન બેરોમિટર

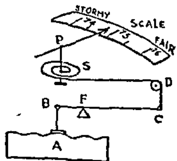
સહેલાઈથી વળે તેવાં પતરાંના ઢાંકણાંથી બંધ કરેલી હોય છે. એ ડબ્બામાં હવાનું દબાણ થોડું ઓછું કરેલું હોય છે. બહારની હવાનું દબાણ વત્તુંઓછું થાય છે તેમ એ ડબ્બાનું ઢાંકણું પણ વત્તુંઓછું દબાય છે. એ ઢાંકણના વત્તાઓછાં વળવાનાં પ્રમાણ ઉપરથી હવાનું દબાણ શોધી કાઢવામાં આવે છે. પરંતુ એ ઢાંકણાનું હલનચલન એકદમ નાનું હોવાથી તેને વચ્ચેથી એક ઉચ્ચાલનના B છેડાની સાથે જોડેલું છે. ઉચ્ચાલન ફલક F (fulcrum) ઉપર ફરે છે અને તેનો બીજો છેડો C લાંબો છે તેથી B નું નાના પ્રમાણનું હલનચલન C આગળ વિસ્તૃત થાય છે. C ની સાથે જોડેલી દોરી ગરગડી D ઉપર પસાર થઈને એક સ્પ્રીંગ S ને ખેંચે છે. સ્પ્રીંગ સાથે જોડેલો કાંટો-દર્શક P સ્કેલ ઉપર ફરે છે અને વાતાવરણનાં દબાણના

આકૃતિ ૪૮.



એનેરોઈડ બેરોમિટર

આકૃતિ ૪૮ (અ)

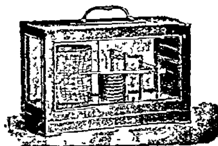


એનેરોઈડ બેરોમિટરની રચના

ફેરફારો દર્શાવે છે. સ્કેલ ઉપર પ્રમાણસર વાયુભારના માપ નોંધેલાં હોય છે. આ આખું યંત્ર એક નાના સરખા દાબડામાં સમાય છે (આકૃતિ ૪૮), એટલે વધારે સુગમતાવાળું છે. વળી એને એટલું તીવ્ર (sensitive) બનાવવામાં આવે છે કે એક ઓરડાના તળિયાંથી માળ સુધી લઈ જતાં જ વાયુભારનો ફેર નોંધી શકાય.

૧૨. બૅરોગ્રાફ (Barograph). વાયુશાસ્ત્રમાં દરરોજના અને કલાકે કલાકે થતા વાયુનાં દબાણના ફેરફારો નોંધવા પડે છે. એટલા માટે ઍનેરૉઇડ વાયુભારમાપકનો ઉપયોગ વાયુભારની આપોઆપ નોંધ કરવામાં થાય છે. એ રીતે નોંધ કરતું યંત્ર આકૃતિ (૪૯) માં બતાવ્યું છે. એને બૅરોગ્રાફ (વાયુભારલેખક) કહેવામાં આવે છે. એમાં એક મોટું ગોળ નળાકાર ચક્રને ફરતું રાખવામાં આવે છે અને તેના ઉપર કલાકના અને વાયુભારના આલેખ (ગ્રાફ) વાળો કાગળ લગાડવામાં આવે છે. ઍનેરૉઇડ બૅરોમિટરના કાંટાની શાહીથી ભીંજવેલી અણી એ કાગળ ઉપર વાયુભારની વધઘટ દર્શાવતો આલેખ (graph) તૈયાર કરે છે. દર ૨૪ કલાકે નોંધવાળો કાગળ કાઢી લઈ બીજો કાગળ લગાડવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૪૯.



બૅરોગ્રાફ (Barograph)

૧૩. વાયુભારમાપકના ઉપયોગ. હિંદુસ્તાન જેવા ખેતી-પ્રધાન દેશમાં વાયુભારમાપકનો ઉપયોગ ઘણો લાભકારક થઈ પડ્યો છે. ખાસ કરીને ચોમાસું ક્યારે શરુ થશે અને વરસાદ ક્યારે

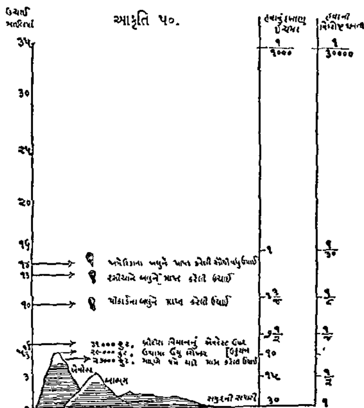
આવશે તેની આગાહી કરવામાં વાયુભારમાપક ઘણું જ ઉપયોગી નીવડ્યું છે. ચોમાસું આવતાં જ્યારે વાતાવરણનું દબાણ એકાએક ઓછું થાય, ત્યારે વરસાદ આવશે એમ ધારી શકાય છે. વાતાવરણનું દબાણ વધે તો થોડા દિવસમાં ઋતુ સૂકી થશે એમ કલ્પી શકાય છે. જો કોઈ વખતે વાયુભારમાપકમાં પારો એકાએક નીચે ઊતરી આવે, તો જરૂર એમ માનવું કે થોડા વખતમાં વાવાઝોડાનું અને વરસાદનું તોફાન થનાર છે. ઘણી વાર મોટાં પૂર આવવાની આગાહી પણ એના વડે થાય છે. હજુ હવામાનશાસ્ત્ર (meteorology) ની પ્રગતિ જોઈએ તેટલી થઈ નથી, છતાં ઋતુમાં થતા સાધારણ ફેરફારની અગમચેતી વાયુભારમાપક વડે ઘણી સફળતાથી થઈ શકે છે.

આજકાલ વિમાની માર્ગોની બહુ જ ઝડપી પ્રગતિ થઈ રહી છે. વિમાનના માર્ગમાં વરસાદ કે વાવાઝોડાનું તોફાન નડે તો વિમાન જોખમમાં આવી પડવાનો સંભવ રહે છે, એટલે વિમાનીઓને વાયુભારમાં થતા ફેરફારની હંમેશાં નોંધ રાખવી પડે છે. આમ વાયુભારમાપક વિમાનશાસ્ત્રમાં પણ ઘણું ઉપયોગી થઈ પડ્યું છે.

એ સિવાય પર્વતોની અથવા વિમાનની ઊંચાઈ માપવામાં પણ વાયુભારમાપક ઘણું ઉપયોગી છે. હવામાં ઊંચે જતાં દબાણ ઓછું થાય છે. બૅરોમિટરની નળીમાંના પારાનો સ્તંભ હવાનાં દબાણનું માપ દર્શાવે છે, એટલે એ બૅરોમિટરને વાતાવરણમાં જેમ ઊંચે લઈ જઈએ તેમ તેમાંના પારાનું લેવલ નીચે આવે છે. એટલે દબાણનાં માપ ઉપરથી પૃથ્વીની સપાટીની ઊંચાઈ માપી શકાય છે (આકૃતિ ૫૦).

ઘણા વિજ્ઞાનના પ્રયોગોમાં પણ હવાનાં દબાણની ચોકસાઈથી નોંધ રાખવી પડે છે, એટલે વિજ્ઞાનને વાયુભારમાપક ઘણુંજ આવશ્યક છે.

૧૪. વાતાવરણની પરિસ્થિતિ—પાસ્કલના પ્રયોગથી સાબિત થયું હતું કે જેમ ઊંચે જઈએ તેમ હવાનું દબાણ ઘટતું જાય છે. વળી હવાનો ગુણ એવો હોય છે કે જેમ દબાણ વધે તેમ એ વધુ ઘટ્ટ થાય છે, એટલે જમીનની સપાટી ઉપરની હવા એકદમ ઘટ્ટ છે અને જેમ ઊંચે જઈએ તેમ હવા પાતળી થતી જાય છે. ફક્ત ત્રણ માઈલ ઊંચે જઈએ તો હવાનું દબાણ અને ઘનતા અર્ધાં થઈ જાય છે. આ કારણથી એટલી ઊંચાઈવાળા પર્વત ઉપર આપણે જઈએ તો આપણા શરીરને જરૂર પુરતો ઑક્સિજન લેવા માટે ઘણીવખતે બહુ જ ઊંડા શ્વાસ લેવા પડે છે; કારણ કે એ હવામાં



આકૃતિ ૫૦.

ઑક્સિજનનું પ્રમાણ પણ અર્ધું જ થઈ જાય છે. ઊંચે જતાં હવાનાં દબાણ અને ઘનતા કેટલાં પ્રમાણમાં ઘટે છે તે આકૃતિ (૫૦) માં બતાવવામાં આવ્યું છે. આખા જગતમાં હિમાલયનું એવરેસ્ટ શિખર સૌથી ઊંચામાં ઊંચું છે. એની ઊંચાઈ ૨૯,૦૦૦ ફૂટ અથવા લગભગ ૫ માઈલથી વધુ છે. એટલી ઊંચાઈએ હવાનું દબાણ માત્ર ૮ થી ૧૦ ઈંચ પારા જેટલું છે. એટલે કે, તે જમીનની સપાટીથી ⅓ ભાગનું છે; અને ઘનતા જમીનની સપાટીની હવાની ઘનતાની ⅓ ભાગની છે. હવાની ઘનતા અને તેનું દબાણ ઓછાં થાય છે એટલું જ નહિ, પરંતુ ઊંચે જતાં હવાનું ટેમ્પરેચર (ઉષ્ણતામાન, temperature) પણ ઓછું થાય છે. લગભગ ૨૦,૦૦૦ ફૂટ ઊંચે પહોંચતાં શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડનું ટેમ્પરેચર માલૂમ પડે છે. આ કારણથી એથી ઊંચા પર્વતના શિખરો હંમેશાં બરફથી ઢંકાયેલાં રહે છે. જેમ ઊંચે જઈએ તેમ ટેમ્પરેચર શૂન્યથી પણ ઓછું થાય છે, એટલે હવામાં ઊંચે ઊડવામાં અગર ઊંચા શિખરો ઉપર જવામાં હંમેશાં ઘણી મુસીબત રહેલી છે.

વિમાન અને બલૂન વડે ઊંચે જવાના ઘણા પ્રયાસો થયા છે. ૧૮૬૨ માં ગ્લેશર અને કોક્ષવેલ નામના બે વિમાનીઓ પ્રથમ ૭ માઈલ ઊંચે ઊડ્યા હતા. આગળ કહ્યું તેમ એટલી ઊંચાઈએ હવાનું દબાણ માત્ર ૭ ઈંચ હોવાથી માણસના શરીરની નસોમાં હવા ઘેરાયેલી હોય તે શરીરમાંથી વિરુદ્ધ દબાણ કરે છે અને તેથી લોહીની શિરાઓ ફાટી જાય છે. વળી હવામાં ઑક્સિજન ઓછો હોવાથી શરીરની જરૂર જેટલો તે શ્વાસમાં આવી શકતો નથી. આ કારણથી બન્ને વિમાનીઓનાં શરીરના અવયવો શિથિલ થઈ ગયા હતા અને ગ્લેશર તો બિલકુલ બેભાન થઈ ગયો હતો. કોક્ષવેલને જરાતરા ભાન હોવાથી દાંતવડે દોરડું ખેંચી એણે બલૂનમાં ભરેલા વાયુને ઓછો કરવાનો વાલ્વ (valve) વખતસર ઉઘાડી નાંખ્યો અને બલૂન નીચે આવ્યું.

ત્યાર પછી જાણવાલાયક પ્રયત્ન ૧૯૨૭ ની મેની ૪ તારીખે યુનાઇટેડ સ્ટેઈટ્સના કેપ્ટન ગ્રે નામના વિમાનીએ કર્યો હતો. એણે બલૂનમાં બનાવટી

ઑક્સિજનનું સાધન તૈયાર રાખ્યું હતું એટલે તે સફળતાથી આઠેક માઇલ (૪૨,૪૭૦ ફૂટ) ઊંચે ઊડી શક્યો.

કેલીઝો નામનો ફ્રેન્ચ વિમાની સાદું વિમાન વાપરી ૭ૢ માઇલ (૪૦,૮૨૦ ફૂટ) ઊંચે ઊડ્યો, અને એણે −૭૩.૭° સે. અથવા −૧૦૦° ફે.નું ટેમ્પરેચર નોંધ્યું હતું.

૧૯૩૪ માં પ્રો. પિકાર્ડે વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિથી હવામાં ઊંચે ઊડવાનો પ્રયત્ન કર્યો. એણે એક મોટાં બલૂનની સાથે ચારે બાજુથી બંધ કરેલો ગોળો (ગૉંડોલા) લટકાવી તેમાં બેસવાનું રાખ્યું. એ ગોળાની અંદર બનાવટી ઑક્સિજન અને વિદ્યુતથી ગરમી મળે એવાં સાધન રાખ્યાં હતાં. એ સિવાય આપમેળે નોંધી લે એવાં વાયુભારમાપક, થરમૉમિટર અને કૉસ્મિક-કિરણ-માપક રાખ્યાં હતાં. એનું બલૂન ૧૯૩૪ માં લગભગ ૧૦ માઇલ ઊંચે ચઢી સફળતાથી નીચે આવ્યું હતું.

ત્યાર પછી એવી રીતે ઊંચે જવાના ઘણા પ્રયત્નો થયા છે. દશ માઇલ ઊંચે જે હવાનું પડ આવેલું છે તેને સ્ટ્રૅટોસ્ફિયર (stratosphere) કહેવામાં આવે છે. કહેવાય છે કે જો એ પડમાં વિમાન ઉડાડવાનું બની શકે તો હવાનો અવરોધ ઘણો જ ઓછો લાગવાથી વિમાનની ગતિ કંઈ નહિ તો કલાકના ૬૦૦ માઇલ સુધીની થઈ શકે. આ પ્રલોભનને લીધે દરેક દેશ એ હવાની પરિસ્થિતિ વિષે જેટલું બને તેટલું જાણવાનો પ્રયત્ન કરે છે.

પ્રો. પિકાર્ડની પછીના પ્રયત્નોમાં નીચેના નોંધવા લાયક છે. ૧૯૩૪ ના જાન્યુઆરીમાં એ રશિયન વિમાની બલૂનમાં ઊંચે ચઢ્યા હતા, અને ૬૨,૦૦૦ ફૂટ (લગભગ ૧૧ માઇલ) ની ઉચ્ચતા નોંધવામાં આવી હતી. એ વિમાનનો ગૉંડોલા (બંધ ગોળો) તૂટી ગયો અને બન્ને વિમાની માર્યા ગયા હતા. આજ સુધી એ ઊંચાઈ જગતનો રેકાર્ડ (record) ગણાતી હતી, પરંતુ ૧૯૩૫ ના ઑક્ટોબરની ૧ લી તારીખે જ્યૉગ્રાફીકલ સોસાયટી અને યુનાઇટેડ સ્ટેટ્સના લશ્કર અને હવાના કારખાના આશરા હેઠળ એક્સ-પ્લોરર ૨ (Explorer II) નામના બલૂને એ રેકાર્ડ તોડ્યો. એ બલૂન આજ સુધીના સર્વ બલૂનથી મોટું હતું, અને એમાં બહુ જ કાળજીપૂર્વક સર્વ

તૈયારી કરવામાં આવી હતી. કેપ્ટન સ્ટીવન્સ અને કેપ્ટન એન્ડરસન એમાં ઊભા હતા અને રેડિયોના યંત્ર વડે ઉડ્ડયનનું વર્ણન કર્યું હતું. એમનું બલૂન ૭૨,૦૦૦ ફૂટ (લગભગ ૧૩ માઇલ) ઊંચાઈ એ ચડ્યું હતું.

આ સિવાય આપમળે ઊંચાં જનારાં બલૂન વડે વધુમાં વધુ ૨૧ માઇલની ઊંચાઈ નોંધવામાં આવી છે. સૂર્યાસ્ત વખતે પરાવર્તન થતા પ્રકાશ ઉપરથી ગણતરી કરતાં માલૂમ પડે છે કે લગભગ ૪૫ માઇલ સુધી તો હવાના અણુ પ્રકાશને પરાવર્તન કરે એટલા ઘટ્ટ છે. આથી વધુ ઊંચાઈ એ પણ હવાનો પાતળો સ્તર વિસ્તરેલો છે, અને લગભગ ૧૫૦ થી ૫૦૦ માઇલ ઊંચાઈ સુધી હવામાનનો વાયુ હોવો જોઈ એ. હવાના ઉપલા ભાગમાં હલકા વાયુ આવેલા છે, એટલે ઘણી ઊંચાઈ એ હાઈડ્રોજન અને હેલિયમ જેવા હલકામાં હલકા વાયુ વધુ પ્રમાણમાં છે અને બીજા વાયુનું પ્રમાણ બહુ જ ઓછું હોય છે. આજ સુધી એમ મનાતું હતું કે જેમ ઊંચે જઈ એ તેમ ટેમ્પરેચર ઓછું થતું જાય છે, પરંતુ એપલટન નામના વૈજ્ઞાનિકના છેલ્લા મત પ્રમાણે ઘણી ઊંચાઈ એ હવાનું ટેમ્પરેચર પાછું વધે છે અને એક એવો હવાનો થર આવે છે કે જે પૃથ્વીની સપાટીથી પણ ઘણો વધારે ગરમ છે. હવામાનમાં જેમ ઊંચે જઈ એ તેમ પ્રકાશનું અરિભવન (scattering) ઓછું થતું જાય છે, એટલે સાઠ માઇલ ઊંચે જઈ એ તો સૂર્યથી આવતો પ્રકાશ સીધો (વીખરાયા વિના) આવતો હોવાથી આખું આકાશ બિલકુલ કાળું દેખાશે અને સૂર્ય કાળા ઘુમ્મટમાં એક પીળા ધગધગતા અંગારા જેવો દેખાશે. પૃથ્વી ઉપર આવતો સૂર્યનો પ્રકાશ હંમેશા અરિભવન થઈ ને આવે છે, એટલે જ આકાશ ભૂરું લાગે છે. ઉદય અને અસ્ત થતા સૂર્યની ફરતે હવામાનનો રંગ હંમેશાં રાતો હોય છે. એનું કારણ પણ સૂર્યના પ્રકાશનું અરિભવન જ છે.

૧૫. એવરેસ્ટ. જગતનું સૌથી ઊંચામાં ઊંચું શિખર એવરેસ્ટ હિમાલયની મધ્યમાં ૨૯,૦૦૦ ફૂટની ઊંચાઈ એ આવેલું છે. માત્ર ઉનાળાના એકાદ માસ સિવાય એના ઉપર સદા હિમ પડેલું રહે છે. એના ઉપર હિંદુસ્તાનથી સીધો પહોંચવાનો માર્ગ નથી એટલે નેપાળ અને ટિબેટને રસ્તે એની નજીક પહોંચી શકાય છે. એની ઉપર ચઢવાને ૬ પ્રયત્નો થયા છે,

પરતુ શિખર ઉપર પહોચવાને હજી કોઈ પણ શક્તિમાન થયુ નથી છેલ્લો કાફલો ૧૯૩૮ મા ગયો હતો, પરતુ તેમા પણ તેમને નિષ્ફળતા મળી હતી

૧૯૩૩ ના એપ્રિલની ત્રીજી તારીખે માત્ર વિમાન વડે એના શિખરથી લગભગ ૨૦૦ ફૂટ ઊંચે ઊડી હાઉસ્ટન કાફલાના વિમાનીઓ વિહગદષ્ટિએ એનુ અવલોકન કરી શક્યા હતા એ વિમાનની અંદર બનાવટી ઑક્સિજન, અને વિમાનીનો પોષાક પણ વિદ્યુતથી ઉષ્ણ રહે એવી વ્યવસ્થા રાખવામા આવી હતી. વિમાને ૩૧,૦૦૦ ફૂટ ઊંચે ઊડીને શિખરની ત્રણ પ્રદક્ષિણા કરી હતી

પગે ચાલીને ઊંચે ચઢવાનો સૌથી પ્રથમ પ્રયાસ ૧૯૨૧ ના કાફલાએ કર્યો દાર્જીલીંગથી નીકળી એક માસ પછી ટિબેટને રસ્તે એવરેસ્ટથી ૪૫ માઈલ દૂર કેમ્પ કર્યો અને ત્યાના પ્રદેશનુ અવલોકન કર્યું પરતુ ચોમાસું આવી રહેવાથી ઉપર ચઢવાનુ કાર્ય મુલતવી રહ્યુ રોગબક હિમપ્રવાહ (glacier) ઓળગી એવરેસ્ટની નજીકના ચાગલા નામના શિખર સુધી જવાનો સરળ રસ્તો શોધી કાઢ્યો આ વખતે માત્ર એટલો જ નિશ્ચય થયો કે પર્વત ઉપર ચઢવા મે માસની આખર વધુ સારી છે ત્યાર પછી લગભગ તરત જ ચોમાસુ બેસી જાય છે

૧૯૨૨ મા વળી પાછો પ્રયત્ન કરવામા આવ્યો અને એ વખતે ઉપર ચઢનાર માટે ઑક્સિજન ઉપયોગ કરવો ફાયદાકારક છે કે કેમ તેનો પ્રયોગ કરવામા આવ્યો એ વખતે એમ માલૂમ પડ્યુ કે લાબે રસ્તે જવાથી ઉપર ચઢનારા પાતળા હવામાનમા રહેવાને ટેવાઈ જાય છે આ મડળીએ ૨૩,૦૦૦ ફૂટ ઊંચાઈએ ચાગલા ઉપર એક કૅમ્પ નાખ્યો અને એને ચોથો કૅમ્પ કહ્યો હવે જો એવરેસ્ટના ઈશાન ખૂણે એક ૨૭,૦૦૦ ફૂટ ઊંચે આવેલા શિખર ઉપર કૅમ્પ નખાય તો એવરેસ્ટના શિખર ઉપર એક દિવસે જઈ પાછા ઊતરી ત્યા આશ્રય લેવાય એમ લાગ્યુ બ્રુસ અને તેજવીર નામનો ગુરખા સરદાર ઑક્સિજનની મદદથી ૨૭,૨૩૫ ફૂટ ઊંચે જઈ આવ્યા પરતુ કૅમ્પ નખાયો નહિ ચોમાસુ આવવાથી આ વખતે પણ પાછુ વળવુ પડ્યુ આ પ્રયત્નમા ૨૭,૨૩૫ ફૂટની સૌથી વધુ ઊંચાઈનો રેકોર્ડ થયો અને ઑક્સિજનના ઉપયોગ વિષે માહિતી મેળવી

૧૯૨૪ માં કર્નલ નૉર્ટનની સરદારી હેઠળ વળી પાછો પ્રયત્ન કરવામાં આવ્યો. દાર્જિલીગથી ૨૫ મી માર્ચે નીકળી ૨૯ મી એપ્રિલે રોંગબક હિમપ્રવાહ આગળ પહોંચ્યા. ચઢાઈ સફળતાપૂર્વક કરી શકાય એટલા માટે ૨૫,૫૦૦, ૨૬,૫૦૦ અને ૨૭,૨૦૦ ફૂટ ઊંચાઈએ અનુક્રમે પાંચમી, છઠ્ઠી અને સાતમી કેમ્પ નાંખવી પડે એમ હતું. નૉર્ટન અને સોમરવેલ નામના સાહસિકોએ છઠ્ઠી કેમ્પ ૨૬,૦૦૦ ફૂટ ઊંચાઇએ નાંખી. આ જગ્યાએ બન્નેને ખૂબ ખાંસી થઈ આવી અને એક ડગલું ઊંચે ચઢતાં સાતઆઠ શ્વાસ લેવા પડતા હતા. એ લોકો ૨૮,૦૦૦ ફૂટ ઊંચે જેમ તેમ પહોંચ્યા, અને ત્યાંથી નૉર્ટન એકલો આગળ વધી ૨૮,૧૨૮ ફૂટ ઊંચે જઈ હવાની અછતને લીધે પાછો વળ્યો. ત્યાર પછી મેલોરી અને ઈર્વીંગે હિંમત કરી ફરીથી પ્રયત્ન કરવા કેમ્પ ૬ માં જઈ રહ્યાં. ઑડેલે પાંચમાં કેમ્પમાંથી બીજે દિવસે સવારે ૧૨–૫૦ વાગે એમને જોયા, અને ત્યારપછી એમનું શું થયું એ ખબર ન પડી. એમને શોધવાના સર્વે પ્રયત્નો નિષ્ફળ ગયા અને ચોમાસું બેસવાથી સર્વેને નિરાશ બની પાછું વળવું પડ્યું.

૧૯૩૩ ના હ્યુજ રટ્લેજ કાફલાએ વળી પાછી ચઢાઈ કરી. મેની ૨૨ મી તારીખે પાંચ યુરોપિયન અને ૨૦ પોર્ટર સાથે ૨૫,૭૦૦ ફૂટે પાંચમો કેમ્પ નાંખ્યો. મેની ૧૯ મીએ હેરીસ, વેજન અને લૉંગલેન્ડ તંબુ અને સાધન લઈ ૨૭,૪૦૦ ફૂટ ઊંચે ગયા અને છઠ્ઠો કેમ્પ નાંખ્યો. ત્યાંથી ઊંચે જતાં એમને એક કોદાળી અને તે ગૂમ થયેલા મેલોરી અને ઈર્વીંગની હશે એમ માનવામાં આવે છે. કેમ્પ ૬ માં પહોંચી એ લોકો એવરેસ્ટના શિખર ઉપર ચઢવાને પ્રયત્ન કરે તે પહેલાં જલદી ચોમાસું બેસી ગયું અને એમને નિષ્ફળ થઈ પાછું ફરવું પડ્યું. . .

૧૯૩૬ માં પાંચમો પ્રયત્ન કરવા એક કાફલાએ હ્યુજ રટ્લેજની સરદારી નીચે નેપાળ અને ટિબેટને માર્ગે એવરેસ્ટ તરફ પ્રયાણ કર્યું હતું. એમાંના નવ જણા એવરેસ્ટ ઉપર ચઢવાની માહિતીવાળા હતા. બને એટલી કાળજી કરી અને આગળના અનુભવોનો લાભ લઈ એ લોકો સફળતા મેળવાની આશા રાખતા હતા. પરંતુ શિખરની નજીક ધીમેધીમે પહોંચ્યા એટલામાં ચોમાસું શરુ થઈ ગયું અને ફરીથી એ ચઢાઈ નિષ્ફળ નીવડી.

સાર

૧. હવાને વજન છે અને તેથી હવા દબાણ કરે છે. હવાનું દબાણ દરેક વસ્તુની ખુલ્લી સપાટી ઉપર લાગે છે. નળીને પ્રવાહીમાં ડુબાવી અંદરથી હવા શોષીએ તો તેમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. બહારની હવાનું દબાણ વધુ છે અને નળીમાંનું દબાણ ઓછું થાય છે એટલે પ્રવાહી તેમાં ઊંચે ચઢે છે.

૨. પૃથ્વીની સપાટીથી લગભગ ૫૦૦ માઈલ ઊંચે સુધી વાતાવરણ વિસ્તરેલું છે. વાતાવરણનાં દબાણનો ખ્યાલ અનેક પ્રયોગોથી આવી શકે છે. એ પ્રયોગો ફકરા (૪, ૧-૫) માં બતાવ્યા છે.

૩. વાતાવરણનાં દબાણનું માપ પ્રથમ ટૉરિસિલીએ કાઢ્યું હતું. આશરે ૮૦ ઈંચ લાંબી નળીને પૂરેપૂરી પારાથી ભરી ખુલ્લા છેડાને પારાથી વાડકીમાં અંગૂઠો દાબી ડુબાવો. અંગૂઠો લઈ લેતાં નળીમાંનો પારો આશરે ૭૬ સેંટીમિટર જેટલી ઊંચાઈએ રહેશે. એટલી ઊંચાઈના પારાના સ્તંભનું જેટલું દબાણ થાય તેટલું વાતાવરણનું દબાણ છે.

૪. વાતાવરણના દબાણમાં વધઘટ થાય છે. ઊંચે જઈએ તેમ દબાણ પણ ઓછું થાય છે. એ વધઘટ માપવા બૅરોમિટર (વાયુભારમાપક) વપરાય છે. બૅરોમિટર વડે વાતાવરણના દબાણની વધઘટ તેમજ પર્વતોની ઊંચાઈ માપી શકાય છે. બૅરોમિટર મુખ્યત્વે બે જાતનાં હોય છે: પારાનું અને ઍનેરૉઈડ (પ્રવાહી વગરનું). આપમેળે નોંધ થાય તેવાં વાયુભારમાપકને બૅરોગ્રાફ કહેવામાં આવે છે.

૫. વાતાવરણમાં ઊંચે જઈએ તેમ ટેમ્પરેચર ઓછું થાય છે અને દબાણ પણ ઓછું થાય છે. ઘણે ઊંચે જતાં દબાણ અતિશય ઓછું થઈ જાય છે અને વાતાવરણમાં માત્ર હલકા વાયુ પ્રસરેલા હોય છે. હિમાલયમાં આવેલું એવરેસ્ટ શિખર ૨૯,૦૦૦ ફૂટ ઊંચું હોવાથી વાતાવરણના ફેરફાર વગેરેની શોધ કરવા તેના ઉપર ચઢાઈ થાય છે. હજી સુધી ૨૭,૨૩૫ ફૂટ સુધી જ એના ઉપર ચઢી શકાયું છે.

પ્રશ્નો

(૧) હવાનું દબાણ બતાવતા એક બે પ્રયોગ બતાવો.

(૨) ગૅલિલિયો અને ટૉરિસિલી વિષે શું જાણો છો ? હવાના દબાણની પ્રથમ ખાતરી કેવી રીતે થઈ ?

(૩) વાયુભારમાપક કેમ તૈયાર કરશો ? જુદી જુદી જાતના વાયુભારમાપકનું ટૂંકમાં વર્ણન લખો. એ સર્વમાં પારો જ કેમ વપરાય છે ?

(૪) વાયુભારમાપકના ઉપયોગ દર્શાવો.

(૫) ઍનેરૉઈડ વાયુભારમાપકની રચના સમજાવો અને પારાના વાયુભારમાપક સાથે એની સરખામણી કરો.

(૬) હવામાન વિષે ટૂંકમાં એક નિબંધ લખો.

(૭) એવરેસ્ટના શિખર ઉપર ચઢવાના પ્રયાસો વિષે એક નિબંધ લખો.

પ્રકરણ ૬

હવાનું દબાણ અને પંપો

૧. અવકાશ (Vacuum). ગૅલિલિયો અને ટૉરિસિલીના સમય સુધી હમેશાં એમ મનાતું હતું કે કુદરતની અંદર શૂન્યાવકાશને સ્થાન નથી. દરેક અવકાશનો ભાગ દ્રવ્યથી ભરેલો હોવો જોઈએ. પરંતુ જ્યારે ગૅલિલિયોના પંપ વડે ૩૪ ફૂટથી ઊંચે અવકાશમાં પાણી ચઢી ન શક્યું ત્યારે આ સિદ્ધાંતની જગ્યાએ નવું કારણ શોધવાની જરૂર પડી. કેટલાક જૂના મતવાદીને ગૅલિલિયો કહેતો કે "તમારું કુદરત શૂન્યાવકાશને માત્ર ૩૪ ફૂટ ઊંચે સુધી જ ધિક્કારે છે." પંપથી પાણી વધુ ઊંચે ન ચઢવાનું કારણ ટૉરિસિલીએ શોધી કાઢ્યું તે પહેલાં જાણેઅજાણે હવાનાં દબાણનો ઉપયોગ સફળતાથી થઈ રહ્યો હતો. પાણીના પંપના કાર્યનો આધાર હવાનાં દબાણ ઉપર હોવા છતાં એ વિષે લોકો અજ્ઞાત હતા. જ્યારે ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે પાણી ન ચઢી શકે એમ ખબર પડી ત્યારે જ ખરાં કારણ શોધવાની અને એ પંપમાં સુધારો કરવાની જરૂર પડી.

૨. શાહીનળી (Ink-filler) અને પિચકારી (Syringe). હવાનાં દબાણથી જ શાહીનળીમાં શાહી દાખલ થાય છે. આકૃતિ (૫૧ '૧,૨') માં શાહીનળીમાં પ્રવાહી કેમ ઊંચે ચઢે છે તે બતાવ્યું છે. નળી (अ) ને છેડે રબરની ટોપી (ब) જોડેલી છે. એને દબાવતાં અંદરની હવા પ્રવાહી (क) માં થઈને બહાર નીકળી જાય છે. જ્યારે એ ટોપીને છોડી દેવામાં આવે છે ત્યારે રબરની ટોપી સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણને લીધે ખુલ્લી થવા પ્રયત્ન કરે છે, એટલે અંદરની હવા બધે વિસ્તાર પામતાં અંદરની હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે; અને પ્રવાહીની સપાટી ઉપર હવાનું

દબાણ વધું હોવાથી પ્રવાહીને શાહીનળીમાં હડસેલે છે. આકૃતિ (૫૧ '૨') માં બહારની હવાનું દબાણ નળીના અંદરનાં પ્રવાહીનાં અને હવાનાં દબાણની સમતોલ થાય છે. આ જ નિયમને આધારે આપમેળે ભરાતી ઈંડીપેન (fountain pen) મા શાહી ભરાય છે ઈંડીપેનના ખોખાની બાજુ-મા જડેલી સળી (clip) ઊંચી કરતા ખોખાની

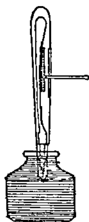
આકૃતિ ૫૧.

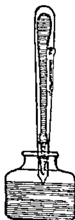

(૧)


(૨)

અંદર રહેલી રબરની નળી દબાઈ જાય છે (આકૃતિ ૫૨ '૧') અને અંદરની હવા બહાર ચાલી જાય છે. જ્યારે એ સળી (clip) ને પાછી નીચે પાડવામાં આવે છે ત્યારે બહારની હવાનાં દબાણથી શાહી એમાં ચઢે છે (આકૃતિ ૫૨ '૨').

આકૃતિ ૫૨

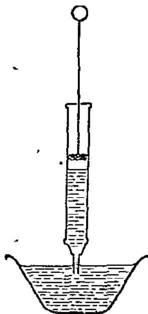

(૧)


(૨)

આ જ નિયમ અનુસાર પિચકારીમાંનું પાણી પણ ઊંચે ચઢે છે. પિચકારીની અદર હવાનું દબાણ ઓછુ કરવા નળીની અંદર જોર કરી સરકાવી શકાય એવો એક પિસ્ટન (piston) રાખવામા આવે છે. આકૃતિ (૫૩) માં બતાવ્યા મુજબ પિસ્ટનને નળીમાં ઊંચે ખેંચવામાં આવે તેથી

અંદરની હવા વિસ્તાર પામે છે અને દબાણ ઓછું થઈ જાય છે અને બહારની હવાનાં વધું દબાણથી પાણી ઊંચે ચઢે છે. હવે પિચકારીને પાણીની બહાર કાઢવામાં આવે, તો પણ અંદરનું પાણી નીકળી શકતું નથી, કારણ કે એનું મોઢિયું સાંકડું હોવાથી, અને પાણી તેમજ હવા સામસામાં દબાણ કરતાં હોવાથી બન્ને એકબીજાને સમતોલે છે. નળીનું મુખ જો પહોળું હોય તો એક બાજુથી પાણી બહાર નીકળે અને બીજી બાજુ હવાને ઉપર જવાનો માર્ગ મળે છે; પરંતુ સાંકડાં મોઢિયાંને લીધે નળીમાં બે માર્ગો મળી શકતા નથી. જ્યારે પિસ્ટનને પાછો નીચે દબાવવામાં આવે છે ત્યારે જ પાણી અંદરથી બહાર નીકળે છે.

આકૃતિ ૫૩.

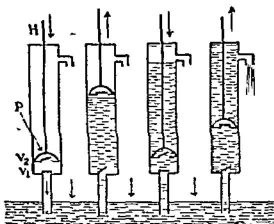


પિચકારી

૩. વાલ્વ (Valve), પિસ્ટન (Piston), અને કેરોસિન પંપ. ઉપરના સર્વ પ્રકારનાં સાધનો વડે હવાનાં દબાણનો ઉપયોગ કરી પ્રવાહીને ઊંચે ચઢાવી શકાય છે. એ સાધનોનો ઉપયોગ કેરોસિન પંપમાં અથવા પાણી કાઢવાના પંપમાં (આકૃતિ ૫૪ '૩') કેવી રીતે થાય છે તે હવે સમજાશે. આ બન્ને સાધનમાં પિસ્ટન (piston) અને વાલ્વ (valve) નો ઉપયોગ થાય છે. પિસ્ટન એટલે એક નળીમાં ચુસ્ત રીતે સરી શકે એવું સાધન. એની વચ્ચે નળીની બાજુએથી હવા સરી જતી નથી, એટલે કોઈ પણ સાધનમાં હવાને સંકોચવી હોય, અથવા હવાને વિસ્તારી દબાણ

ઓછું કરવું હોય તો પિસ્ટન વાપરવો પડે છે. આકૃતિ (૫૩) માં સાદી પિચકારી બતાવી છે. એમાં પિસ્ટનને ઊંચે ખેંચતાં પાણી ઊંચે ચઢે છે, પરંતુ પિસ્ટનને નીચે દબાવતાં એ પાણી પાછું બહાર નીકળી જાય છે. આકૃતિ (૫૪) માં બતાવેલા પંપમાં ઊંચે

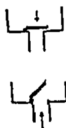
આકૃતિ ૫૪.

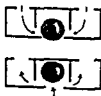


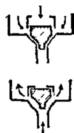
કેરોસિન અથવા પાણીનો પંપ

ઊઘડે એવો એક વાલ્વ V_1 રાખવામાં આવેલો છે. પિસ્ટન P ને ઊંચે ખેંચતાં પાણી પિચકારીમાં દાખલ થાય છે, પરંતુ ફરીથી

આકૃતિ ૫૪ (અ).







દબાવીએ તો પાણી નીચે નીકળી શકતું નથી, કારણ કે એમ કરતાં ઉપરનાં દબાણથી વાલ્વ V_1 બંધ થઈ જાય છે આકૃતિ (૫૪, 'ડ').

વાલ્વ V_1 એક જ બાજુ ઊઘડે છે. જે સાધનો હવા અથવા પ્રવાહીને એક બાજુએ જવાનો માર્ગ આપે છે, પરંતુ ઊલટી દિશામાં જવાનો માર્ગ આપતાં નથી તેમને વાલ્વ (valve) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૫૪, અ) માં ત્રણ પ્રકારના વાલ્વ બતાવવામાં આવ્યા છે. પહેલો વાલ્વ ઢાંકણાના જેવો છે, બીજો દડાના જેવો છે અને ત્રીજો ભમરડાના જેવો છે. એ ત્રણેની ઉપર હવા અથવા પ્રવાહીને દબાવવામાં આવે ત્યારે તે નીચેની નળીના નાકાંને બંધ કરે છે, પરંતુ જ્યારે નીચેથી દબાણ કરવામાં આવે ત્યારે ખૂલે છે અને હવા અથવા પ્રવાહીને માર્ગ આપે છે.

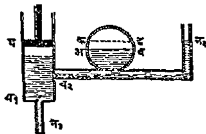
આ વાલ્વનો ઉપયોગ કેરોસિન પંપમાં આકૃતિ (૫૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કરવામાં આવે છે. એમાં બે વાલ્વ રાખવામાં આવ્યા છે. V_1 નીચેની નળી સાથે જોડેલો છે. બીજો એક વધારાનો વાલ્વ V_2 પિસ્ટનમાં રાખવામાં આવ્યો છે. એનું કાર્ય (action) નીચે પ્રમાણે છે. પાણી કાઢવાના પંપનું કાર્ય પણ બરાબર એ જ પ્રમાણે ચાલે છે. બન્ને વાલ્વ V_1 અને V_2 ઉપલી દિશામાં ખૂલે છે પરંતુ નીચેની બાજુએ ખૂલતા નથી એટલે એ વાલ્વની ઉપલી બાજુ કરતાં નીચેની બાજુ ઉપર વધું દબાણ થાય ત્યારે ઊઘડે છે અને ઉપલી બાજુનું દબાણ વધુ થાય ત્યારે બંધ થાય છે.

પિસ્ટન P ને હાથ H_1 વડે નીચેથી ઊંચે ખેંચવામાં આવે ત્યારે એ વાલ્વ ઉપરની હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે. આથી એ ખુલ્લી થઈ ને N નળીમાં આવતાં પાણીને ઉપર ચઢવા માર્ગ આપે છે. એ દરમિયાન વાલ્વ V_2 ની ઉપરની બહારની હવાનું દબાણ નીચેના દબાણ કરતાં વધુ હેવાથી બંધ થઈ જાય છે. આ

રીતે પંપમાં પ્રથમ પાણી દાખલ થાય છે. પિસ્ટનને નીચે દબાવવામાં આવે છે ત્યારે વાલ્વ V_1 ની ઉપર વધુ દબાણ થવાથી બંધ થઈ જાય છે. વાલ્વ V_2 ની નીચેનું દબાણ વધે છે અને ઉપરની હવાનું દબાણ ઓછું હોવાથી તે ખુલ્લો થાય છે, અને પંપમાંનું પાણી પિસ્ટનની ઉપર ચઢે છે. જ્યારે પિસ્ટન ફરીથી ઊંચે ખેંચવામાં આવે છે, ત્યારે પંપમાં પહેલાં આવેલું પાણી ઉપલી નળી વાટે બહાર નીકળે છે અને પહેલાંની પેઠે નીચેની નળી વાટે બીજું પાણી પંપમાં દાખલ થાય છે. આમ વારંવાર પિસ્ટનને ઉપરનીચે લઈ જવાથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ શરુ થાય છે અને નીચેનું પાણી ઊંચે ચઢે છે. કૂવામાંથી પાણી કાઢવું હોય તો નીચેની નળી લાંબી રાખીને પાણીની સપાટીની નીચે સુધી લઈ જવામાં આવે છે. આગળ કહ્યું છે તેમ ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે પાણી ચઢતું નથી, કારણ કે બહારની હવાનું દબાણ અને પિસ્ટનની નળીની અંદરનાં પાણીનું દબાણ એકબીજાંની સરખાં થાય પછી પંપમાં પિસ્ટન વડે શૂન્યાવકાશ (vacuum) કરવામાં આવે તો પણ પાણી વધુ ઊંચે ચઢશે નહિ.

૪. દાબ-પંપ (**Force-pump**). ૩૪ ફૂટ કે તેથી વધારે ઊંચે પાણી ચઢાવવા માટે દાબ-પંપ વાપરવો પડે છે. એમાં પંપનો પિસ્ટન પ પાણીની સપાટી નજીક રાખવામાં આવે છે અને પંપમાં દાખલ થયેલું પાણી પિસ્ટનનાં દબાણથી ઊંચે હડસેલવામાં આવે છે. વ૧ અને વ૨ વાલ્વ છે, પ૧ પિસ્ટન અને ન૧ અને ન૨ પાણીને અંદર

આકૃતિ ૫૫.

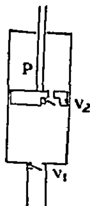


દાબ ૫૫

અને બહાર લઇ જતી નળીઓ છે. બાજુમાં હવાથી ભરેલો બંધ ગોળો છે. પિસ્ટનને ઊંચે ખેંચવામાં આવે ત્યારે વ$_1$ ખુલ્લો થાય છે અને પાણી ઊંચે ચઢે છે, અને વ$_2$ બંધ થાય છે. પિસ્ટનને નીચે દબાવવામાં આવે ત્યારે વ$_1$ બંધ થાય છે,' અને પંપમાં આવેલું પાણી પિસ્ટનના દબાણથી વ$_2$ ને ખોલીને ન$_2$ નળીમાં ઊંચે ચઢે છે. આમ ન$_2$ નળીમાં ઊંચે ચઢતું પાણી હવાનાં દબાણ ઉપર આધાર રાખતું નથી, પરંતુ પ ના દબાણથી ઊંચે ચઢતું હોવાથી એ પંપને દાબપંપ (force-pump) કહેવામાં આવે છે. એની અંદર બતાવેલો હવાનો ગોળો પાણીને એકસરખી ગતિથી ન$_2$ માં વહેવામાં મદદ કરે છે. જ્યારે પિસ્ટન નીચે આવે ત્યારે એમાંની હવા વધુ દબાણથી સંકોચાય છે અને પાણીની સપાટી અ બ થી ક ड આગળ જાય છે. જ્યારે પિસ્ટન ઊંચે જાય છે ત્યારે વ$_2$ બંધ થાય છે, અને પિસ્ટનનું દબાણ દૂર થતાં ગોળામાં રહેલી હવા વિસ્તાર પામે છે અને ન$_2$ માં રહેલાં પાણીને ઊંચે ચઢાવે છે. આવી રીતે પિસ્ટનની ઉપરનીચે બંને ગતિ વખતે ન$_2$ માં પાણીનો પ્રવાહ સતત ચાલુ રહે છે. ઘણી ઊંચાઈએ પાણી ચઢાવવું હોય ત્યાં આવો પંપ વપરાય છે.

૫. વાતપૂરક પંપ (**Air pump**). ઘણાં સાધનોમાં હવાને દબાણ કરી પૂરવી પડે છે. દાખલા તરીકે, બાઇસિકલની ટ્યુબમાં, મોટરના ટાયરની ટ્યુબમાં, ફૂટબૉલમાં અથવા કેરોસિન સ્ટવમાં હવાને દબાણ કરીને પૂરવી પડે છે. કદની બાબતમાં વાયુના ગુણો ઘન અને પ્રવાહી પદાર્થથી જુદા પડે છે. હવા અથવા વાયુને હંમેશાં દબાણ કરવાથી ઘણા સંકોચી શકાય છે. પાણીના પંપની અંદર વાલ્વ એવી રીતે મૂકવામાં આવ્યા છે કે તેથી હવાનું દબાણ ઓછું

આકૃતિ ૫૬.



વાતપૂરક ૫૫

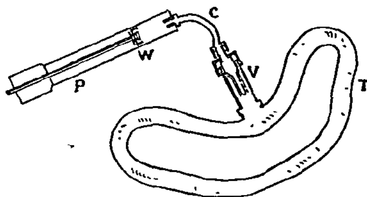
કરી હવાની જગ્યાએ પ્રવાહીને દાખલ કરવામાં આવે છે. આથી જો દબાણ કરી કોઈ પણ સાધનમાં હવાને ભરવી હોય અથવા વાપરવી હોય તો પાણીના પંપમાં વપરાયેલા વાલ્વથી ઊલટી દિશામાં ઊઘડતા વાલ્વ વાપરવા પડશે.

આકૃતિ (૫૬) માં એવી જાતનો સાદો વાતપૂરક પંપ બતાવવામાં આવ્યો છે. પિસ્ટનને દબાવવામાં આવે છે ત્યારે અંદરની હવા સંકોચાઈને વધુ દબાણવાળી થાય છે, એટલે V_1 ખૂલે ચે અને V_2 બંધ થાય છે અને નીચેની નળીદ્વારા જે સાધનમાં હવા પૂરવી હોય તેમાં પુરાય છે. જ્યારે પિસ્ટનને પાછો ઊંચે ખેંચવામાં આવે છે ત્યારે પિસ્ટનની નીચેની હવાનું દબાણ ઓછું થવાથી V_1 બંધ થઈ જાય છે અને વાલ્વ V_2 ઊઘડે છે અને બહારની હવા પંપમાં દાખલ થાય છે.

આકૃતિ (૫૭) માં બાઈસિકલ પંપ અને સ્ટવમાં વપરાતો પંપ બતાવવામાં આવ્યો છે. એના પિસ્ટન P માં વાલ્વ હોતો નથી. પરંતુ જે ફૂટબૉલ કે સાઈકલમાં હવા ભરવી હોય તેમાં એક વાલ્વ V રાખવામાં આવે છે. જેમાં હવા ભરવાની હોય તેનું ને પંપનું સંધાણ C જેવી નળીવાટે કરવામાં આવે છે. પિસ્ટન P માં ઘન વસ્તુનો વાલ્વ ન મૂકતાં ચામડાંનો વૉશર (washer, ગામઠી ભાષામાં–વાઈસર) મૂકેલો છે. ચિત્રમાં જણાવ્યા પ્રમાણે જ્યારે P ને C તરફ હડસેલવામાં આવે, ત્યારે ચાંમડાંના વૉશર W ઉપર હવાનું દબાણ થવાથી પંપની બાજુએ બહુ જોરથી વળગી બિલકુલ હવાચુસ્ત (air-tight) બની આગળ સરે છે. આથી C તરફ

જતાં પંપની હવાને બાઈસિસિકલ ટ્યુબમાં હડસેલે છે. જ્યારે પિસ્ટન પાછો ખેંચવામાં આવે ત્યારે ટ્યુબનો વાલ્વ V બંધ થઈ જાય

અકૃતિ ૫૭.



છે અને તેથી પંપની નળીમાં રહેલી હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે અને બહારની હવા વૉશરની બાજુમાં થઈને પંપમાં દાખલ થાય છે. જ્યારે પિસ્ટન પાછો C તરફ હડસેલાય છે ત્યારે એ વૉશરની બાજુ પંપની અંદરની સપાટી સાથે ચોંટી જાય છે અને પંપની હવાને ફરીથી આગળ હડસેલે છે. બાઈસિકલમાં અથવા ફૂટબૉલમાં હવા પૂરવા માટે જે પંપ વપરાય છે તેમાં કોઈપણ વાલ્વ હોતો નથી. ચામડાનું વૉશર એક વાલ્વની ગરજ સારે છે, જ્યારે બીજો વાલ્વ V આકૃતિ (૫૭) માં બતાવ્યા મુજબ ફૂટબૉલનાં દડામાં અને સાઈકલની ટ્યુબમાં જ રાખવામાં આવે છે. આ જ પ્રકારનો પંપ સ્ટવમાં અથવા કિટ્સન લાઈટની કેરોસિનની ટાંકીમાં હવા પૂરવા માટે વપરાય છે.

૬. કેરોસિન સ્ટવ. આકૃતિ (૫૮) માં બતાવેલા કેરોસિન

સ્ટવના પંપ प વડે હવા દબાણથી નીચેની કેરોસિનની ટાંકીમાં પૂરવામાં આવે છે. હવા દબાણથી અંદર પુરાય તે પહેલાં ચાવી च બંધ કરવી પડે છે, નહિતર પુરાતી હવા એ માર્ગે નીકળી જશે. જ્યારે સ્ટવ બંધ કરવો હોય ત્યારે એ ચાવી ખોલી નાંખવામાં આવે છે. અંદરની હવાનાં દબાણથી કેરોસિન क ड નળીદ્વારા ઊંચે ચઢે છે. व વાટકીમાં થોડું કેરોસિન અથવા સ્પીરીટ નાંખી પ્રથમ व થી ड સુધીની નળી ગરમ કરવામાં આવે છે. આથી ઊંચે જતું કેરોસિન્ ગરમ થઈને વાયુરુપ બને છે, અને એ ग આગળ બતાવેલા નાકામાંથી બહાર નીકળી સળગે છે. જો व થી ઉપરની નળી બરાબર ગરમ થઈ ન હોય તો કેરોસિન ગરમ થઈ વાયુરૂપ થશે નહિ અને એથી પ્રવાહીરુપે બળતાં ભડકો થઈ સળગશે. જ્યાં સુધી હવાનું દબાણ કાયમ રહે છે ત્યાંસુધી કેરોસિન ઊંચે ચઢે છે.

આકૃતિ ૫૮.

प = પંપ

च = ચાવી અને કેરોસિન પૂરવાનું નાકું

अ व = કેરોસિનની સપાટી

ह = દબાણથી પુરાયેલી હવા

क ड = કેરોસિન ચઢવાની નળી

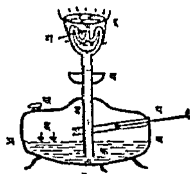
ग = ગરમ થઈ વાયુરુપે કેરોસિન નીકળવાનું નાકું

व = વાડકી

૭. હેરોનો ફુવારો. ઈ. સ. પૂર્વે ૧૨૦ માં અલેકઝાંડ્રિયામાં રહેતા હેરોએ હવાના સ્થિતિસ્થાપકપણાનો ગુણનો ઉપયોગ કરી એક ફુવારો બનાવ્યો હતો. તેને હેરોનો ફુવારો કહેવામાં આવે છે.

સ્ટવના પંપ प વડે હવા દબાણથી નીચેની કેરોસિનની ટાંકીમાં પૂરવામાં આવે છે. હવા દબાણથી અંદર પુરાય તે પહેલાં ચાવી च

આકૃતિ ૫૮.

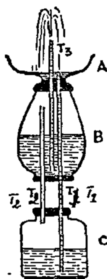


प = પંપ
च = ચાવી અને કેરોસિન પૂરવાનું નાકું
अ य = કેરોસિનની સપાટી
ह = દબાણથી પુરાયેલી હવા
क ट = કેરોસિન ચઢવાની નળી
ग = ગરમ થઈ વાયુરુપે કેરોસિન નીકળવાનુ નાકું
व = વાટકી

બંધ કરવી પડે છે, નહિતર પુરાતી હવા એ માર્ગે નીકળી જશે. જ્યારે સ્ટવ બંધ કરવો હોય ત્યારે એ ચાવી ખોલી નાંખવામાં આવે છે. અંદરની હવાનાં દબાણથી કેરોસિન क ट નળીદ્વારા ઊંચે ચઢે છે. व વાટકીમાં થોડું કેરોસિન અથવા સ્પીરીટ નાંખી પ્રથમ ट થી ह સુધીની નળી ગરમ કરવામાં આવે છે. આથી ઊંચે જતું કેરોસિન ગરમ થઈને વાયુરુપ બને છે, અને એ ग આગળ બતાવેલા નાકાંમાંથી બહાર નીકળી સળગે છે. જો ट થી ઉપરની નળી બરાબર ગરમ થઈ ન હોય તો કેરોસિન ગરમ થઈ વાયુરુપ થશે નહિ અને એથી પ્રવાહીરુપે બળતાં ભડકો થઈ સળગશે. જ્યાં સુધી હવાનું દબાણ કાયમ રહે છે ત્યાંસુધી કેરોસિન ઊંચે ચઢે છે.

૭. હેરોનો ફુવારો. ઈ. સ. પૂર્વે ૧૨૦ માં અલેકઝાંડ્રિયામાં રહેતા હેરોએ હવાના સ્થિતિસ્થાપકપણાનો ગુણનો ઉપયોગ કરી એક ફુવારો બનાવ્યો હતો. તેને હેરોનો ફુવારો કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૫૯.



હેરોનો ફુવારો

બે કાચના ગોળા B અને C અને ઉપરની તાસક એ એના મુખ્ય ભાગો છે. ઉપરની તાસક A અને નીચેનો ગોળો C નળી T_1 દ્વારા જોડાયેલાં છે, અને B અને C ગોળા T_2 નળીદ્વારા જોડાયેલાં છે. નળી T_1 ગોળા C ના તળિયાં સુધી પહોંચેલી છે અને T_2 નળી ગોળાને ઉપલા ભાગને જોડે છે. ઉપરની તાસકમાંથી બહાર નીકળતી એક ત્રીજી ફુવારાની નળી વચ્ચેના B ગોળાની નીચે સુધી જાય છે. પ્રથમ ફુવારાની નળી T_3 બહાર કાઢી B ગોળામાં થોડું પાણી રેડવામાં આવે છે, અને પછી ફુવારાની નળી મૂકયા પછી તાસક A માં થોડું પાણી રેડવામાં આવે છે. આ પાણી T_1 નળીદ્વારા નીચેના ગોળા C માં જાય છે અને તેમાંની હવાની ઉપર દબાણ કરી B ગોળામાં T_2 નળીદ્વારા હવાને હડસેલે છે. આ હવાના દબાણથી B માંનું પાણી વચ્ચેની T_3 નળીદ્વારા ઊંચે ચઢે છે અને ફુવારો ઊડે છે. આ ફુવારો B કે C પૂર્ણ ભરાઈ રહે ત્યાં સુધી ચાલે છે.

૮. ફૉન ગુરિક (Von Guerick) અને વાતાકર્ષક પંપ (Vacuum Pump). કેટલાંક સાધનોમાંથી હવાને કાઢી લેવી પડે છે અને તે માટે પણ વાલ્વનો ઉપયોગ કરી પંપ તૈયાર કરી શકાય છે. સૌથી પહેલો વાતાકર્ષક પંપ મૅગ્ડેબર્ગ શહેરના મેયર ફૉન ગુરિકે તૈયાર કર્યો હતો. વાયુભારમાપક તૈયાર કરતાં તેને માલૂમ પડ્યું કે એ નળીના સૌથી ઉપલા ભાગમાં શૂન્યાવકાશ હોય છે; એટલે તેણે બંધ વાસણમાંથી હવા કાઢી લેવાનું યંત્ર શોધ-

વાનું કાર્ય હાથમાં લીધું, અને તે સફળતાથી પાર પાડ્યું. વાતાકર્ષક પંપ વડે લેાકેા આશ્ચર્ય પામે તેવા પ્રયેાગેા તેણે કર્યા. પહેલા પ્રયેાગમાં તેણે એક વાસણમાં એક મેાટા પિસ્ટનને મૂકી નીચેની હવા કાઢી લીધી. પિસ્ટનને એક દેારડાંથી બાંધી ગરગડી ઉપરથી પસાર કરી ચારપાંચ માણસેાને ખેંચી રાખવાનું કહ્યું; પરંતુ જેમ પિસ્ટનની નીચેની હવા ઓછી થતી ગઈ તેમ બહારની હવાનાં દબાણથી પિસ્ટન નીચે દબાતેા ગયેા અને માણસેા તેને પકડી રાખી શક્યાં નહિ. પિસ્ટનનાં દેારડાંને એક ગરગડી ઉપરથી નીચે લટકાવેલું હેાવાથી તેને બળપૂર્વક પકડી રહેલાં બધાં માણસેા જાતે ઊંચકાઈ ગયાં. એ વાસણમાં પાછી નીચેથી હવા દાખલ કરવામાં આવી કે તરત જ માણસેા નીચે પડ્યાં. આવી રીતે તેણે એક સામટાં ચાર માણસેાને ઊંચકી કાઢ્યાં હતાં. બીજો ઐતિહાસિક પ્રયેાગ પણ આશ્ચર્ય પમાડે તેવેા હતેા. તેણે તાંબાના બે મજબૂત અર્ધગેાળા (આકૃતિ ૬૦) લઈને હવા બહાર જઈ શકે નહિ તેમ એકબીજાની સાથે ચુસ્ત બેસાડી અંદરથી હવા કાઢી લીધી. એ બન્ને ગેાળાને બન્ને બાજુ આઠઆઠ ઘેાડા જોડી ખેંચવામાં આવ્યા, તેા પણ તે છૂટા પડ્યા નહિ; કારણ કે એ ગેાળા ઉપરની હવાનાં દબાણનું બળ સેાળ ઘેાડાના બળ કરતાં વધારે હતું. જ્યારે ગેાળામાં હવા દાખલ કરવામાં આવી ત્યારે એ બન્ને ગેાળા આપેાઆપ છૂટા પડી ગયા. આ ગેાળાને મેગ્ડેબર્ગના અર્ધગેાળા કહેવામાં આવે છે.

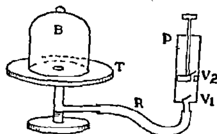
આકૃતિ ૬૦.



મેગ્ડેબર્ગના ગેાળા.

૯. વાતાકર્ષક પંપ (**Vacuum Pump**). આકૃતિ(૬૧)માં વાતાકર્ષક યંત્ર બતાવ્યેા છે. એ યંત્ર પાણી કાઢવાના પંપની પેઠે જ ચાલે છે. જે વાસણ (B) માંથી હવા કાઢવી હેાય તેને બતાવ્યા

આકૃતિ ૬૧.



મુજબ ટેબલ T ઉપર મૂકવામાં આવે છે અથવા તો તેને નળી R સાથે સીધું જોડવામાં આવે છે. નળીની ઉપર V_1 વાલ્વ છે અને પિસ્ટન P માં V_2 વાલ્વ છે. પિસ્ટનને જ્યારે ઊંચે ખેંચવામાં આવે છે, ત્યારે નળી ઉપરનો વાલ્વ V_1 ઉઘાડી વાસણમાંની હવા પંપમાં આવે છે, પરંતુ પિસ્ટનનો વાલ્વ V_2 બંધ થવાથી બહારની હવા અંદર દાખલ થઈ શકતી નથી. પિસ્ટનને નીચે દબાવવામાં આવે ત્યારે V_1 વાલ્વ બંધ થાય છે અને પંપની અંદર પિસ્ટનની નીચેનું દબાણ વધે એટલે પિસ્ટનનો વાલ્વ V_2 ખુલ્લો થાય છે અને પંપમાંની હવાને બહાર જવાને માર્ગ આપે છે. આવા વાતાકર્ષક પંપ અનેક ઉદ્યોગોમાં કામમાં આવે છે. વિદ્યુતના દીવામાંથી હવા કાઢી લેવામાં, થર્મોસની શીશીમાંથી હવા કાઢી લેવામાં, વેક્યુમ બ્રેક (શૂન્યાવકાશ બ્રેકમાં), વેક્યુમ ક્લીનર (vacuum cleaner) (શૂન્યાવકાશ વડે કચરો કાઢનાર યંત્ર) વગેરે અનેક સાધનોમાં એ પંપનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

૧૦. વેક્યુમ બ્રેક (**Vacuum brake**) અને વેક્યુમ ક્લીનર (**Vacuum cleaner**). વેક્યુમ બ્રેકમાં શૂન્યાવકાશનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આગગાડી અથવા ટ્રામને વેક્યુમ બ્રેક વડે ઘણી જ સહેલાઈથી અટકાવી શકાય છે અને બહુ બળની જરૂર પડતી નથી. એક બંધ ભૂંગળીમાં પિસ્ટન રાખેલો હોય છે. તેની એક બાજુ શૂન્યાવકાશ હોવાથી પિસ્ટન તે બાજુ ખેંચાયેલો રહે છે. ગાડીને અટકાવવી હોય ત્યારે એ બાજુએ હવા દાખલ

કરવાથી પિસ્ટન પાછળ હડસેલાય છે. એ પિસ્ટનની જોડે પૈડાંને ચુસ્ત થઈ જતી એક બ્રેક ઉચ્ચાલન વડે લગાડેલી હોય છે; એટલે પિસ્ટન જ્યારે ભૂંગળીમાં પાછો હઠે કે તરત એ બ્રેક પૈડાં સાથે ચોંટી જઈને પૈડાંને ફરતાં બંધ કરી દે છે. વળી જ્યારે ગાડીને ચલાવવી હોય ત્યારે પિસ્ટન રહે એ ભૂંગળીનું બીજા શૂન્યાવકાશવાળાં વાસણ સાથે જોડાણ કરવામાં આવે છે, એટલે પિસ્ટન પાછો અસલ સ્થિતિએ ખેંચાઈ જાય છે અને પૈડાંને લાગેલી બ્રેક છૂટી પડે છે.

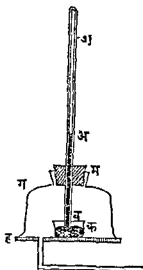
ઘરની અંદરથી બારીક ધૂળ વગેરે કચરાને સાધારણ સાધનો વડે સાફ કરી શકાતો ન હોય તેને વૅક્યુમ ક્લીનર વડે સાફ કરવામાં આવે છે. આ સાધનમાં ખરી રીતે વૅક્યુમ (શૂન્યાવકાશ) જેવું કંઈ નથી. એમાં એક પંખો રાખવામાં આવે છે જે જમીન ઉપરની હવાને કચરા સાથે અંદર ખેંચે છે. અંદર દાખલ થયેલી હવા એક કોથળીમાં થઈને બહાર નીકળે છે અને હવામાંનો કચરો એ કોથળીમાં જમા થઈ રહે છે.

૧૧. વૅક્યુમ પોસ્ટ (Vacuum Post). યુરોપ અને અમેરિકામાં મોટી દુકાનોમાં અનેક જાતની ચીજો વેચવાના મુખ્ય મથક ઉપર જુદીજુદી જગ્યાથી વસ્તુ મેળવવા માટે વારંવાર માણસો મોકલવાં ન પડે એટલા માટે વૅક્યુમ પોસ્ટનો ઉપયોગ થાય છે. એ રચનાથી જોઈતી વસ્તુ આપોઆપ મુખ્ય મથક ઉપર મોકલી શકાય છે, અને બીજે માર્ગે પ્રથમ જગ્યાએ પાછી રવાના કરી શકાય છે. દુકાનની દીવાલમાં મોટી નળીઓ રાખવામાં આવે છે. એ નળીમાં પિસ્ટનની પેઠે બરાબર બંધ બેસતી ગાડીઓ ઉપર મંગાવેલી ચીજો મૂકવામાં આવે છે. નળીમાંની હવા હંમેશાં મુખ્ય મથક તરફ ખૂબ બળથી એક મોટા પંપ વડે ખેંચવામાં આવે છે. આથી એક બાજુએ વધુ દબાણ થવાથી અને બીજી બાજુ શૂન્યા-

વકાશ થવાથી ગાડી ખેંચાઈ જાય છે. આવી જાતની બીજી નળી-દ્વારા જે ચીજ ન વેચાય તે પાછી તેના સ્થાને મોકલવામાં આવે છે.

૧૨. શૂન્યાવકાશમાં વાયુભારમાપક (**Barometer in Vacuum**). આકૃતિ (૬૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો એક (क) વાડકીમાં રહેલી વાયુભારમાપક નળી (अ ब) ને એક કાચની બરણી (ग) માં (म) આગળ ચુસ્ત બેસાડી એ બરણીને એક હવાચુસ્ત થાળી (plate) (ह) ઉપર ઊંધી મૂકવામાં આવે તો વાયુભારમાપકનો પારો ૭૬ સેમિ. ની ઊંચાઈ બતાવશે. હવે જો એ થાળીમાંથી નીચે પસાર થતી નળીદ્વારા બરણી (ग) માંથી થોડી હવા શોષવામા આવે તો પારાની સપાટી નળીમા ૭૬ સેમિ. થી નીચે अ સુધી ઊતરેલી માલૂમ પડશે. લાખો વખત હવા શોષી શૂન્યાવકાશ કરવામાં આવે તો પારાની સપાટી લગભગ (ब) સુધી નીચે આવશે. આનું કારણ દેખીતું છે. क આગળની સપાટી ઉપર હવાનું દબાણ ઓછું થતું જાય છે, તેથી ઊંચાઈ ઓછી થતી જાય છે. જો બરણીમાં પાછી હવા દાખલ કરવામાં આવે તો પારાની સપાટી આપોઆપ નળીમાં ઊંચે ચઢશે.

આકૃતિ ૬૨.

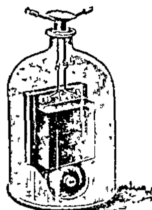


૧૩. શૂન્યાવકાશનો ઉપયોગ (**Use of Vacuum**) અને અસર. જ્યાં દ્રવ્યનો અભાવ કે ગેરહાજરી હોય તે જગ્યા શૂન્યાવકાશ કહેવાય છે. આકૃતિ (૬૩)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક કાચના વાસ-ણમાં એક વિદ્યુત-ઘંટડી રાખી અંદર શૂન્યાવકાશ કરવામાં આવે

તેા એ ઘંટડી સંભળાશે નહિ; પરંતુ હવા જો ધીમેધીમે દાખલ કરવામાં આવે તેા એ જરૂર સંભળાવા લાગશે. આ ઉપરથી લાગે છે કે શૂન્યાવકાશમાં અવાજ ઉત્પન્ન થતેા નથી તેમજ પ્રસરતેા પણ નથી.

જો શૂન્યાવકાશમાં પ્રવાહી રાખવામાં આવે તેા તેની અંદર એ પ્રવાહી અમુક હદ સુધી વાયુરુપ થઈ જશે. આ કારણથી સાધારણ રીતે ૧૦૦ ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ પાણી ઊકળતું હેાય છે તે હવાનું દબાણ ઓછું કરતાં ઓછી ડીગ્રીએ ઊકળે છે. હવાનું દબાણ જેમજેમ ઊંચે જઈએ તેમ ઓછું થતું જાય છે, એટલે ઊંચા પર્વત ઉપર પાણી ઓછાં ટેમ્પરેચરે એટલે ૧૦૦ ડીગ્રીથી નીચે ઊકળવા માંડે છે આથી પર્વત ઉપર બનાવેલી ચા સ્વાદમાં બહુ સારી લાગતી નથી. શૂન્યાવકાશમાં રાખેલાં શાકભાજી, ફળ, ચા, સિગરેટ વગેરે વસ્તુઓ દીર્ઘ સમય સુધી સારાં રહે છે. આથી લેાકેા શૂન્યાવકાશવાળા ડબ્બામાં ભરેલી ખાવાની વસ્તુઓ વધુ પસંદ કરે છે.

આકૃતિ ૬૩.



ખાસ કરીને શૂન્યાવકાશવાળા ડબ્બામાં ફળફળાદિ ભરીને કમેાસમે વેચવાનેા મેાટેા વેપાર ચાલે છે. થર્મોસની શીશીની કાચની બે દીવાલની વચ્ચેની હવા કાઢી લીધેલી હેાય છે; કારણ કે હવાના અભાવથી ગરમીનું વહન બહુ જલદીથી થઈ જતું નથી. જો વચ્ચે હવા હેાય તેા તે ઉષ્ણ થઈ ગરમીને બહાર મેાકલી દે. વાતાકર્ષક પંપ (vacuum pump) નેા ઉદ્યોગમાં પણ કેટલેા બધેા ઉપયેાગ થાય છે તે આ ઉપરથી સમજાય છે.

૧૪. સંકોચાયેલી હવાનો (Compressed Air) ઉપયોગ. સંકોચાયેલી હવાનો ઉપયોગ હવાના ગાલીચા અથવા હવાના ઉશીકાં બનાવવામાં થાય છે. રબરની કોથળી ઉપર કપડાંનું પડ લગાવીને કોથળીમાં વાતપૂરક પંપ વડે હવા ભરવામાં આવે છે. અંદરની નળીમાં એક વાલ્વ હોય છે એટલે કોથળીમાંથી હવા નીકળી જતી નથી. એવાં ઉશીકાં રુવાળાં ઉશીકાં કરતાં પણ વધુ પોચાં લાગે છે. ખાસ કરીને માંદા માણસોના સાંધામાં દુઃખ થતું હોય તેમને માટે આવાં હવાનાં ઉશીકાં વપરાય છે. એ સિવાય સાઈકલના ટાયરની અંદર જે રબરની નળી હોય છે તેમાં ખૂબ દબાણ કરી હવા પૂરવામાં આવે છે. એનું કારણ એ છે કે હવા પૂરવાથી અંદરની નળી ખૂબ ફૂલીને બહારના ટાયરને પણ તંગ અને ગોળ બનાવે છે. આમ કરવાથી એ ટાયરને જમીનનો ઘસારો ઓછો લાગે છે અને પૈંડાની ઉપર થતો અવરોધ (resistance) ઓછો થાય છે. હવા ભરેલા ટાયરવાળી સાઈકલ અને પૈંડામાંની હવા નીકળી ગયેલી સાઈકલ ઉપર બેસવાથી માલૂમ પડે છે કે- હવા ન પૂરેલી હોય તે સાઈકલ દોડાવવાનું કામ બહુ મુસીબતવાળું છે. હવા પૂરી શકાય એવા ટાયરને વાયુપૂર્ણ ટાયર (pneumatic tyres) કહેવામાં આવે છે.

એ ઉપરાંત સંકોચાયેલી હવાનો ઉપયોગ ઊંડી ખાણમાંથી સ્ટવની પેઠે કેરોસિનને ઊંચે ચઢાવવામાં આવે છે. નીચે રાખેલી બંધ ટાંકીમાં એક નળીવાટે જમીન ઉપરથી હવાનું પુષ્કળ દબાણ કરીએ તો બીજી નળીવાટે કેરોસિન ઊંચે ચઢે છે. આગ લાગે ત્યારે બંબા વડે પાણી ઊંચે ફેંકવામાં પણ સંકોચેલી હવાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

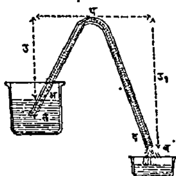
સંકોચાયેલા વાયુ (compressed gas) ના પુષ્કળ જથ્થાને પણ એકથી બીજી જગ્યાએ પસાર કરવામાં સરળતા પડે છે.

ખાસ કરીને દાક્તરી ઉપયોગમાં સંકોચાયેલા ઓક્સિજનની નળીઓનો બહુ ખપ પડે છે. ૧૧૫ થી ૨૦૦ હવામાનનાં દબાણુથી લોખંડની નળીમાં ઓક્સિજન ભરવામાં આવે તો નળીના કદ કરતાં ૨૦૦ ગણો ઓક્સિજન રહી શકે અને લાંબો વખત ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે. સબમરીનને ઉપર લાવતી વખતે અંદર ભરેલું પાણી બહાર કાઢી નાંખવું પડે છે. એ વખતે પણ સંકોચેલી હવા પાણીની ટાંકીમાં મોકલવાથી પાણીને બહાર કાઢી શકાય છે. પાણીમાં ડૂબકી મારનારા મરજીવાને પણ સંકોચેલી હવા પહોંચાડવામાં આવે છે.

કેટલાંક યંત્રો પણ હવાનાં દબાણુથી જ ચાલે છે. રસ્તા ઉપરના પથ્થરને દબાવવામાં જે યંત્ર વપરાય છે તેમાં પણ સંકોચેલી હવાનો ઉપયોગ થાય છે.

૧૫. બકનળી (Syphon). આકૃતિ (૧૪) માં ત થ દ જેવી વાંકી નળીની એક બાજુ વધારે લાંબી હોય છે. તેમાં પ્રથમ બાજુને પાણીથી ભરેલા વાસણમાં રાખી ઊંધી કરી ડુબાવો તો માલૂમ પડશે કે એ વાસણનું પાણી લાંબી નળીદ્વારા બહાર નીકળ્યા કરે છે. એવી નળીને બકનળી કહેવામાં આવે છે. હવા અને પાણીનાં દબાણના ફેરને લીધે નળીમાં અ કે જ્યાં વધુ દબાણ છે ત્યાંથી, વ કે જ્યાં ઓછું દબાણ છે ત્યાં નળીદ્વારા પાણીનો પ્રવાહ વહી જાય છે. નળીમાં અ આગળ હવાનું દબાણ પાણીને ઊંચે હડસેલે છે. ઉ ઊંચાઈનું પાણી નીચી

આકૃતિ ૧૪.



બાજુ દબાણ કરે છે. એ જ રીતે ब આગળ પણ હવા નળીમાં ઊંચી દિશામાં દબાણ કરે છે અને $उ_1$ ઊંચાઈનું પાણી નીચે દબાણ કરે છે. માટે જો હવાનું દબાણ ह (પાણીના બેરોમિટરના માપ પ્રમાણે) હોય તો નળીની અંદરનાં પાણી ઉપર

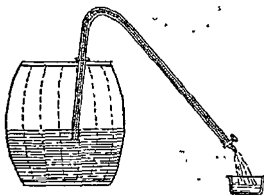
अ આગળનું દબાણ = હવાનું દબાણ – પાણીનું દબાણ

= ह – उ

ब આગળનું દબાણ = ह – $उ_1$

પરંતુ उ < $उ_1$ હોવાથી, ब આગળનું દબાણ अ આગળના દબાણ કરતાં ઓછું થાય છે. આથી વધુ દબાણવાળાં સ્થળ अ થી ઓછાં દબાણવાળાં સ્થળ ब તરફ પાણી જાય છે. આ ઉપરથી સહેજે સમજાય છે કે જ્યાં સુધી ब સપાટી अ કરતાં વધારે નીચી છે, ત્યાં સુધી પાણીનો પ્રવાહ ચાલુ રહેશે અને બન્ને સપાટી સરખી થતાં તે વહેતું અટકશે. આ જ કારણથી ઘણુંખરું બકનળીની એક બાજુ હમેશાં લાંબી રાખવામાં આવે છે. કોઈ મોટી ટાંકી ખાલી કરવી હોય અથવા પીપને ઊંધું વાળ્યા વિના તેમાંથી પ્રવાહીને કાઢવું હોય ત્યારે આવી બકનળી ઘણી ઉપયોગી નીવડે છે (આકૃતિ ૬૫); કારણ કે મોટા વાસણને ઊંધું વાળી પ્રવાહીને કાઢવાનું કામ

આકૃતિ ૬૫.

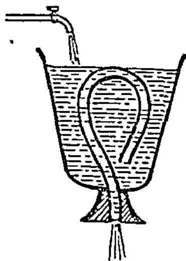


મુસીબતભર્યું થઈ પડે છે. આ જ જાતની નળીનો ઉપયોગ વાસુદેવ પ્યાલા (tantalus cup) માં કરવામાં આવે છે.

૧૬. વાસુદેવ પ્યાલા. પુરાણની કથા પ્રમાણે એવી માન્યતા છે કે વસુદેવ મધ્યરાત્રે છૂપી રીતે કૃષ્ણને મથુરામાં મૂકવા ગયા ત્યારે યમુના નદીમાં પૂર આવેલું હતું, અને રાત્રે હોડી વિના ઊતરાય એમ ન હતું. આમ છતા હિંમત કરીને વસુદેવ નદીમાં ઊતર્યા; અને કૃષ્ણના અંગૂઠાને યમુના નદીનું પાણી જેવું અકડ્યું કે તરત જ નદીમાથી પાણી બન્ને બાજુએ ખસી ગયું અને નદીએ માર્ગ આપ્યો. આ વાર્તા ઉપરથી કૃષ્ણના પગના અંગૂઠાનો ચમત્કાર

આકૃતિ ૬૬.





બતાવતા પ્યાલા તૈયાર કરવામાં અકનળીનો ઉપયોગ થાય છે (આકૃતિ ૬૬). મધ્યમાં કૃષ્ણને હાથમાં લઈ વસુદેવ ઊભેલા

બતાવવામાં આવ્યા છે. એ મૂર્તિની નીચે બકનળી છુપાવી છે અને તે પ્યાલાના તળિયામાં ખુલ્લી થાય છે. જેવું પાણી કૃષ્ણના અંગૂઠાને અડકે કે તુરત આખી બકનળી ભરાઈ જતી હોવાથી પ્યાલામાંનું પાણી નળીદ્વારા તળિયામાં થઈને બહાર ચાલ્યું જાય છે. (ગ્રીક કથા પ્રમાણે ટેન્ટેલસ નામના એક માણસને એવી સજા કરવામાં આવી હતી કે એના હોઠ સુધી પાણી આવે એટલી ઊંડાઈએ એને ઊભો રાખવો, પરંતુ તરસ લાગે તોપણ એને પાણી પીવા દેવું નહિ. આ કથાને અનુસાર યુરોપમાં વસુદેવને બદલે ટેન્ટેલ-સને પ્યાલામાં ઊભો રાખી એના હોઠ સુધી પાણી આવી નીકળી જાય એવી રચનાના પ્યાલા તૈયાર કરવામાં આવે છે.)

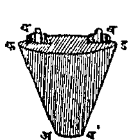
૧૭. વાયુ, પ્રવાહી, અને ઘન ઉપર દબાણની અસર. આપણે આગળ જોયું તેમ હવાને પંપથી સંકોચી દેવાય છે અને થોડી જગ્યામાં ઘણી હવાને વાતપૂરક પંપ વડે પૂરી શકાય છે. કોઈ પણ વાયુને દબાણ કરી આવી રીતે સંકોચવામાં આવે તો તે સંકોચાય છે. વાયુને સંકોચવામાં આવે તેની સાથે એનું દબાણ પણ વધે છે. અમુક જગ્યામાં જેટલો વાયુ સાધારણ રીતે રહી શકે તેથી બમણો ભરવામાં આવે, તો તે વાયુનું દબાણ પણ બમણું થશે. આ જ પ્રમાણે જો પ્રવાહીને દબાવવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે બહુ જ પ્રચંડ બળ લગાડ્યા છતાં પ્રવાહી થોડું જ સંકોચાય છે. આ જ કારણથી જલદાબ યંત્ર (hydraulic press) માં પાણી વપરાય છે. જો પાણીની જગ્યાએ વાયુ હોય તો ઉપર જેટલું દબાણ વધારતા જઈએ તેમાંનું ઘણુંખરું બળ વાયુને સંકોચવામાં જ વપરાઈ જશે અને ઉપર લગાડેલું બળ બીજી જગાએ નહિ જેવું જ લાગુ પડશે.

પ્રવાહી બહુ ઓછું સંકોચાય છે એટલે પ્રચંડ બળ લગાડવું હોય અથવા યંત્રદ્વારા બળને અનેકગણું કરવું હોય તો પ્રવાહીનો

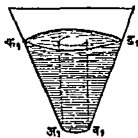
ઉપયોગ કરી શકાશે. ઘન કરતાં પ્રવાહી પદાર્થો પ્રમાણમાં વધુ સંકોચી શકાય છે; પરંતુ તે પણ વાયુના પ્રમાણમાં બહુ જ થોડા સંકોચાય છે.

૧૮. **ઘન, પ્રવાહી, અને વાયુના દબાણનો તફાવત.** ઘન વસ્તુનું દબાણ હમેશાં પૃથ્વીના મધ્યબિંદુ તરફ હોય છે અને એક ઘનને બીજા ઘન ઉપર મૂકીએ તો એકનો આધાર બીજા ઉપર છે ત્યાં સુધી ઉપરના ઘનનું દબાણ નીચેના ઘન ઉપર થાય છે. ઘન વસ્તુનું દબાણ હમેશાં ઉપરથી નીચે (vertically downward) થાય છે અને ઘન વસ્તુ ઉપર રાખેલાં બધા વજનનું દબાણ નીચેની સપાટી ઉપર લાગે છે. બાજુમાં બતાવેલી આકૃતિ (૬૭ '૧') માં અ બ સપાટી ઉપરનું કુલ દબાણ ઘનનું વજન અને ઉપર રાખેલાં છૂટાં વજન જેટલું છે. જો એવા જ આકારનું અને એટલા જ કદનું વાસણ લઈ તેમાં પ્રવાહી ભરીએ તો (આ. ૬૭ '૨') અ૧ બ૧ ઉપર માત્ર શિરોલંબ દિશાનાં પ્રવાહીનાં વજન જેટલું જ દબાણ થશે. એટલે આકૃતિમાં તૂટક લીટીથી બતાવેલાં પ્રવાહીનાં વજનનું જ દબાણ અ૧ બ૧ ઉપર થશે. બાકીનાં પ્રવાહીનું દબાણ નીચે ન થતાં માત્ર વાસણની બાજુ ઉપર લાગે છે. આ જ કારણને લીધે વાસણની બાજુમાં એક કાણું પાડવામાં આવે તો પ્રવાહી જોરથી બહાર નીકળે છે. એક વાસણની સપાટી ઉપરના

આકૃતિ ૬૭.



(૧)



(૨)

પ્રવાહીના દબાણનો આધાર એ સપાટી ઉપરથી પ્રવાહીની ઉપલી ખુલ્લી સપાટીની શિરોલંબ ઊંચાઈ ઉપર જ રહે છે.

એક વાસણમાં પ્રવાહી ભરીને તેને જો બંધ કરીએ તો ઉપરથી ઊંડે જતાં પ્રવાહીનું દબાણ વધતું જાય છે. માત્ર ઉપલી સપાટીએ પ્રવાહીનું દબાણ બિલકુલ હોતું નથી, જ્યારે તળિયાંની સપાટી ઉપર સૌથી વધુ દબાણ હોય છે. વાયુનાં દબાણમાં લગભગ પ્રવાહીના જેવી જ અસર માલૂમ પડે છે. જેમ ઊંચે જઈએ તેમ હવામાનમાં વાયુનું દબાણ ઓછું થાય છે અને નીચે જઈએ તેમ વાયુનું દબાણ વધતું જાય છે. પ્રવાહી બહુ સંકોચાતું ન હોવાથી ઊંડાઈના પ્રમાણુસર દબાણ વધે છે. વાયુ ખૂબ સંકોચાતો હોવાથી એનું દબાણ ઊંડાઈના પ્રમાણુસર હોતું નથી. વાતાવરણમાં જેમ ઊંચે જઈએ તેમ હવા ખૂબ પાતળી થાય છે અને નીચે આવીએ તેમ ઘટ્ટ થાય છે. આમ વાયુની ઘનતાનો આધાર તેની ઉપરનાં દબાણ ઉપર આધાર રાખે છે. હવામાનમાં કોઈ પણ જગ્યાએથી એક બંધ ગોળામાં વાયુને ભરીશું તો માલૂમ પડશે કે ગોળામાંના વાયુનું દબાણ તે જગ્યાના બહારનાં વાયુનાં દબાણ જેટલું જ છે. ગોળાની અંદર રહેલા વાયુનું કદ બહારના હવામાનનાં કદના પ્રમાણમાં ઘણું જ ઓછું છે, છતાં બહારનું દબાણ અને અંદરનું દબાણ સરખું હોવાથી એ ગોળાની સપાટી ઉપર સરખું દબાણ લાગે છે. રબરના પાતળા ફુક્કાની અંદર હવા દાખલ કરી સહેજ ફુલાવવામાં આવે છે, ત્યારે અંદરનું દબાણ ચારે બાજુની બહારની હવાનાં તથા રબરનાં ખેંચાણના સરખું'જ હોવાથી રબરનો પડદો સમતોલ રહે છે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે હવાનું દબાણ માત્ર વાયુની ઘનતા (density) ઉપર આધાર રાખે છે.

૧૯. બૉઇલનેા નિયમ (Boyle's Law). હવા ઉપર દબાણ કરવાથી એનાં કદમાં ફેર થાય છે. આ બંનેનું પ્રમાણ દાખવતેા નિયમ પ્રથમ આયર્લંડના વૈજ્ઞાનિક બૉઈલે શેાધ્યેા હતેા. પ્રયેાગ કરતા એને માલૂમ પડ્યું કે એક બંધ કરેલા વાસણમાં હવા રાખી એના ઉપર હવામાનના દબાણથી બમણું દબાણ કરવામાં આવે તેા તેમાં રહેલી હવાનું કદ બરાબર અર્ધું થઈ જાય છે. એક પિચકારીની નળી બંધ કરી અંદરની હવા ઉપર પિસ્ટન વડે દબાણ કરવામાં આવે તેા દબાણ બમણું કરતાં કદ અર્ધું થશે. એ જ પ્રમાણે જેમ દબાણ વધતું જશે તેમ હવાનું કદ પ્રમાણસર ઘટતું જશે. ધારેા કે હવાનું કદ (क) હેાય અને તે વખતે દબાણ (द) હેાય તેા કદ અને દબાણમાં નીચે પ્રમાણે ફેરફાર થશે.

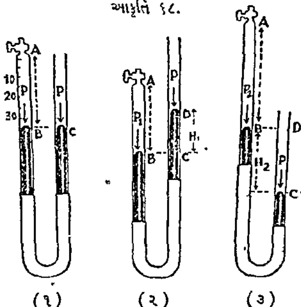
દબાણ	૪ द	૩ द	૨ द	द	$\frac{૧}{૨}$ द	$\frac{૧}{૩}$ द	$\frac{૧}{૪}$ द
કદ	$\frac{૧}{૪}$ क	$\frac{૧}{૩}$ क	$\frac{૧}{૨}$ क	क	૨ क	૩ क	૪ क

એટલે કે કદ અને દબાણનેા ગુણાકાર દરેક વખતે એકસરખેા રહે છે. જ્યાંસુધી એ પિચકારી અથવા વાસણમાં રાખેલી હવાનાં વજનમાં ફેરફાર ન થાય અને હવાનું ટૅમ્પરેચર એકસરખું જ રહે, ત્યાંસુધી કદ અને દબાણનાં પ્રમાણ હંમેશાં ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે રહે છે. ટૂંકમાં, બૉઇલનેા નિયમ નીચે પ્રમાણે છે.

"જો ટૅમ્પરેચર એકસરખું જ રહે તેા, આપેલાં વજનના વાયુનાં કદનેા અને દબાણનેા ગુણાકાર હમેશાં એકમૂલ્ય (constant) રહે છે." અથવા "જો ટૅમ્પરેચર એકસરખું રહે તેા, આપેલાં વજનના વાયુનું કદ દબાણથી ઊલટા અથવા વ્યુત્ક્રમ (inverse) પ્રમાણમાં વધઘટ થશે."

૨૦. બોઈલનો પ્રયોગ (Boyle's Experiment). બોઈલના નિયમને પૂરવાર કરતો પ્રયોગ: આ પ્રયોગ બોઈલના ઉપકરણ વડે થઈ શકે છે. એમાં A B નળીને ઉપરની એક ચકલી વડે બંધ થઈ શકે એવી રાખેલી હોય છે અને એની ઉપર કદનાં માપના આંકો પાડેલા છે. એને C નળી સાથે એક રબરની B C નળી વડે જોડેલી હોય છે. બન્ને નળીની અંદર B અને C સુધી પારો ભરેલો છે પ્રયોગ શરૂ કર્યા પહેલાં ચકલી ખુલ્લી રાખવામાં આવે છે, એટલે A B અને C નળીમાં પારો એક જ સપાટી (level) માં B અને C આગળ રહે છે (આકૃતિ ૬૮ '૧'). ચકલી બંધ કરવામાં આવે તો A થી B સુધીની હવા ઘેરાયેલી રહેશે અને તેનું દબાણ બહારની હવાનાં દબાણ P જેટલું જ રહેશે, કારણ કે પારાની બન્ને બાજુની

આકૃતિ ૬૮.



સપાટી B અને C સરખી ઊંચાઈએ છે. C ઉપર હવાનું દબાણ છે, એટલે B ઉપરનું દબાણ પણ તેટલું જ હોવું જોઈએ. ધારો કે આ વખતે A B માંની હવાનું દબાણ P છે અને કદ V છે. હવે જો આકૃતિ (૬૮ '૨') ની પેઠે C

D નળીને ઊંચે ચઢાવીશું તો A B માંની હવા સંકોચાઈને ઊંચે જશે. આ સ્થિતિમાં A B અને C D નળીમાં B અને C આગળ આવેલી પારાની સપાટી ઉપર એકસરખું દબાણ થાય છે. એટલે A B માંની હવાનું દબાણ C D નળીમાં C ના લેવલમાં આવેલી પારાની સપાટી ઉપર લાગતાં દબાણ જેટલું થાય છે. આ સ્થિતિમાં A B માંની હવાનું દબાણ P_1 છે અને કદ V_1 છે એટલે

A B માંની હવાનું કુલ દબાણ = બહારની હવાનું દબાણ + C D જેટલી ઊંચાઈના પારાનું દબાણ

$$P_1 = P + H_1$$

ઉપર પ્રમાણે દબાણ વધારવાથી વાયુનું કદ ઘટેલું માલૂમ પડશે. એવી જ રીતે C D નળીને બેચાર વખત જુદીજુદી ઊંચાઈએ રાખવાથી વધતાં જતાં દબાણ અને તેના પ્રમાણસર થતા કદના ફેરફાર નોંધી શકાશે.

હવે જો આકૃતિ (૬૮ 'ક') માં બતાવ્યા પ્રમાણે C D નળીને A B નળીથી પણ નીચે ઉતારવામાં આવે તો એ A B માંની હવાનું કદ વિસ્તાર પામે છે અને પારાની સપાટી C D માં નીચે આવે છે. આ વખતે C ની સપાટીમાં આવેલી બન્ને નળીની સપાટી ઉપર સરખું દબાણ થાય છે. ધારો કે A B માંની હવાનું દબાણ P_2 છે તો,

A B નળીમાંની હવાનું દબાણ + C B જેટલી ઊંચાઈના પારાનું દબાણ = C ઉપર થતું હવાનું દબાણ

$$P_2 + H_2 = P$$

એટલે, $P_2 = P - H_2$

આ પ્રમાણે C D નળી વત્તીઓછી નીચે ઉતારવાથી ઘટેલા દબાણના પ્રમાણમાં જુદાંજુદાં કદ નોંધી શકાશે. હવે જો દબાણ અને કદનો ગુણાકાર કરીશું તો તે સખ્યા એકમૂલ્ય (constant) આવશે. જો C D નળીમાં પારાની સપાટી A B નળીનાં કરતાં વધુ ઊંચે હોય તો બન્ને સપાટીનો તફાવત હવાના દબાણમાં ઉમેરવો અને એથી ઊલટું હોય તો બાદ કરવો.

પ્રયોગની નોંધ નીચે પ્રમાણે ઉતારવાથી વધુ સરળતા થઈ પડશે.

A B નળીમાં રહેલી હવાનું કદ	હવાનું દબાણ	A B અને C D નળીમાં આવેલા પારાની સપાટીની ઊંચાઈનો ફેર	કુલ દબાણ	કદ × કુલ દબાણ
V	P	0	P = P + 0	P × V
V_1	P	H_1	$P_1 = P + H_1$	$P_1 \times V_1$
V_2	P	H_2	$P_2 = P - H_2$	$P_2 \times V_2$

ઉપરના કોઠાનાં છેલ્લાં ખાનામાં બતાવેલી કદ અને દબાણના ગુણાકારની સંખ્યા એકજ રહે છે તે ઉપરના પ્રયોગ વડે સાબિત થશે.

દબાણ ઓછું થવાથી કદ વધે છે. આ જ કારણથી જમીન ઉપર બલૂનમાં વાયુ ભરવામાં આવે છે, ત્યારે તેમાં વાયુને છલોછલ ભરવામાં આવતો નથી. કારણ કે, બલૂન જેમજેમ ઊંચે જાય તેમતેમ બહારની હવાનું દબાણ ઓછું થતું જાય છે અને બલૂનની અંદરનો વાયુ વિસ્તાર પામે છે. જો પહેલેથી જ બલૂનની કોથળી પૂરેપૂરી ભરી દીધી હોય તો અંદરનો વાયુ વિસ્તાર પામવાથી કોથળી ફાટી જવાનો સંભવ રહે છે.

૨૧. હવાનાં દબાણનું કારણ.* હવાનાં દબાણને સમજવા માટે એના પરમાણુની સ્થિતિ વિષે કંઈક જાણવું અગત્યનું છે. ઘન વસ્તુના અણુ (molecules) એકબીજાની એટલાં નજીક છે કે એને બળપૂર્વક છૂટા પાડવામાં ન આવે તો એ વળગેલા રહે છે. પ્રવાહીમાં એ અણુ એકબીજાની સાથે સંયુક્ત નથી, પરંતુ એકબીજાની એટલા નજીક છે કે સ્થિર પ્રવાહીમાં એક અણુ બીજી જગ્યાએ ગતિ કરી શકતો નથી, કારણ કે એને બીજા

* ફકરા ૨૧ અને ૨૨ મેટ્રીકના વિદ્યાર્થીઓને ન શીખવાય તો ખાસ વાંધો નથી.

નજીકના અણુ અવરોધે છે. આમ હોવા છતાં ઘનના અને પ્રવાહીના અણુ હંમેશાં અમુક કક્ષામાં કંપતા (vibrating) રહે છે. જેમ ઉષ્ણતા વધે છે તેમ એના કંપો વધતા જાય છે. ઘન કરતાં પ્રવાહી વસ્તુના અણુ વધુ કંપતા હોય છે, એટલે કે ઘનમાંથી પ્રવાહીમાં ફેરવાયેલા અણુમાં વધુ શક્તિ (energy) રહેલી છે. વાયુના અણુ પણ એ જ પ્રમાણે કંપતી અવસ્થામાં હોય છે, પરંતુ એની શક્તિ (energy) ઘન અને પ્રવાહી કરતાં પણ વિશેષ હોય છે. એક ઘન પદાર્થને ગરમ કરીએ તો તે પ્રવાહી થશે અને પ્રવાહીમાંથી વાયુ થશે. એનો અર્થ એ થયો કે ઘન સ્થિતિમાંના ઓછી શક્તિવાળા અણુને ગરમ કરવાથી પ્રથમ પ્રવાહી સ્થિતિમાં વધુ શક્તિવાળા અણુમાં રૂપાન્તર થાય છે; અને તે જ પ્રમાણે ઉષ્ણતારુપે વિશેષ શક્તિ આપવાથી પ્રવાહી અણુ વાયુમય બને છે. એક ઘન સેંટીમિટર પાણીની વરાળ બનાવીએ તો એનું કદ ૧૬૦૦ ગણુ થઈ જાય છે. આથી કરીને વરાળના અણુને કંપતા રહેવાને પુષ્કળ છૂટ મળે છે, અને એક અણુ ઉપર બીજા અણુની આકર્ષણશક્તિ પણ ઓછી થાય છે. આથી તે એકબીજાથી સહેલાઈથી છૂટા પડે છે. જો એક વાસણમાંનો વાયુ બંધ કરવામાં આવે તો તે આખા વાસણમાં પ્રસરી જાય છે. એ વાયુના કંપિત અણુઓ એકબીજા સાથે અથડાઈને વાસણની બાજુ ઉપર કાયમ અથડાયા કરે છે. આવા કંપિત થયેલા અણુના અથડાવાથી વાસણ ઉપર જેટલું દબાણ થાય છે એટલું જ દબાણ બહારના વાયુના અણુની શક્તિથી થતું હોય તો વાસણની બન્ને બાજુ ઉપર એકસરખું દબાણ થાય છે. એક બંધ વાસણમાં જેમ જેમ હવાનું પ્રમાણ વધારતા જઈશું, તેમ તેમ હવાના અણુ પણ વિશેષ સંખ્યામાં વાસણની બાજુએ અથડાતા જશે, અને એમ અંદરની હવાનું દબાણ વધેલું માલૂમ પડશે.

૨૨. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ. ઉપરના વર્ણનથી ઘન, પ્રવાહી અને વાયુરુપ સ્થિતિમાં રહેલાં દ્રવ્યોની વચ્ચેનો તફાવત માલૂમ પડશે. ઓછાં ટેમ્પરેચરે ઘન સ્થિતિ રહે છે. ઉષ્ણતા વધારીએ તો ઘણીખરી ઘન વસ્તુ અમુક ટેમ્પરેચરે પ્રવાહીરુપ ધારણ કરે છે અને અંતે વાયુરુપ થાય છે. ઉષ્ણતાને લીધે વસ્તુના અણુ વધારે શક્તિ ગ્રહણ કરી એકબીજાંથી છૂટાં પડતા જાય છે. ઘન સ્થિતિમાં અણુની ગમનશક્તિ (kinetic energy)

ઓછી હોય તો તે વધીને વાયુમય સ્થિતિમાં સૌથી વધુ થાય છે. ઘન વસ્તુ પોતાના આકાર અને કદ સાચવી રાખે છે, કારણ કે એના અણુ ઘટ્ટ હોય છે અને એકબીજા ઉપર આકર્ષણ કરી તેમને જકડી રાખે છે. પ્રવાહીના અણુ છૂટા હોવા છતાં તેમનું પરસ્પરનું આકર્ષણબળ એટલું હોય છે કે તેનું કદ તેટલું જ રહે છે, પરંતુ માત્ર આકારમાં ફેરફાર થાય છે. વાયુના અણુ છૂટા હોવાથી જે વાસણમાં તેને રાખીએ તેમાં તે સર્વત્ર પ્રસરે છે અને એ વાસણના કદ જેટલા વિસ્તારમાં ફરી વળે છે; એટલે કે વાયુના કદ અને આકારમાં સહેલાઈથી ફેરફાર થયા કરે છે.

સાર

૧. જે જગામાં હવા અથવા કોઈ પણ બીજું દ્રવ્ય ન હોય તેને અવકાશ (vacuum) કે શૂન્યાવકાશ કહેવામાં આવે છે. શૂન્યાવકાશવાળી જગામાં માર્ગ મળતાં બહારના વાતાવરણના દબાણ લીધે હલકું દ્રવ્ય, વાયુ તથા પ્રવાહી તેમાં ધસી જાય છે. આ ઘટનાનો ઉપયોગ શાહીનળીમાં, તેમજ ફાઉંટન પેનમાં શાહી ભરવામાં અને પિચકારી કે પિપેટમાં પ્રવાહી ભરી લેવામાં થાય છે. વેકયુમ બ્રેક, વેકયુમ ક્લિનર તથા વેકયુમ પોસ્ટનું કાર્ય પણ હવાનાં દબાણથી થાય છે.

૨. પંપનું કાર્ય પણ બહારની હવાનાં દબાણની તેની ઉપર થતી અસરની ઉપર આધાર રાખે છે. પંપમાં દાખલ થયેલું પ્રવાહી બહાર ન નીકળે તે માટે તેમાં વાલ્વ રાખવામાં આવે છે. પ્રથમ પિસ્ટનને ઊંચે ખેંચવામાં આવે, એટલે પંપમાંની હવા પાતળી થાય છે અને દબાણ ઓછું થાય છે. આથી તેમાં બહારની હવાના દબાણથી પ્રવાહી દાખલ થાય છે. પિસ્ટનને પાછો દબાવીએ ત્યારે વાલ્વ બંધ થાય છે અને પિસ્ટનમાંના વાલ્વદ્વારા પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે.

૩. પંપ અનેક જાતના હોય છે. સાદા પાણી ખેંચવાના પંપ વડે ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે પાણી ખેંચી શકાતું નથી. દાબપંપમાં પંપના પિસ્ટન વડે વધુ દબાણ કરી પાણીને ઊંચે ચઢાવવામાં આવે છે.

૪ સાઈકિલના પપમા ચામડાનું વૉશર પિસ્ટનના અંદરના વાલ્વનું કાર્ય કરે છે કેરોસિન સ્ટવમા પણ એ જ પ્રકારની રચના હોય છે આ બન્ને વાતપૂરક પપ કહેવાય છે વાતાકર્ષક પપમા પિસ્ટનનો વાલ્વ બહાર ઊઘડે છે અને નળીનો વાલ્વ અંદર ખૂને છે વાતપૂરક પપમા એથી ઊનટુ હોય છે

૫ શૂન્યાવકાશમા અવાજ પસાર થતો નથી શૂન્યાવકાશમાથી ગરમી ઓછી પસાર થાય છે શૂન્યાવકાશમા વસ્તુ જલદી બગડતી નથી આથી જ ખાવાના પદાર્થોને તથા તમાકુ વગેરે વસ્તુને શૂન્યાવકાશવાળા ડબ્બામા રાખી મૂકવામા આવે છે વીજળીના ગોળામાથી પણ હવા કાઢી લેવામા આવે છે અને તેથી ગોળામાનો તાર લાંબો વખત ટકે છે

૬ સંકોચાયેલી હવાનો ઉપયોગ પણ ઘણો જ છે ઘણા યાન્ત્રિક ઓજારોને એવી હવાનાં દબાણથી ચલાવવામા આવે છે સંકોચેલી હવાવડે પ્રવાહીને ઊંચે સુધી ફેંકવામા આવે છે આગના બબામાથી આ પ્રકારે પાણી ઊંચે ફેંકવામા આવે છે હેરોનો ફુવારો આ ગુણથી ચાલે છે

૭ બકનળીના ટૂકા છેડા ઉપર વધુ દબાણ હોય છે અને લાંબા છેડાની સપાટી આગળ કુલ દબાણ ઓછુ હોય છે, એટલે પ્રવાહી ટૂકા છેડાથી લાંબા છેડા તરફ જાય છે વાસુદેવ (ટૅન્ટૅલસ) પ્યાલામા પણ આવી જ કરામત હોય છે

૮ બૉઈલનો નિયમ વાયુના કદ અને દબાણના વધઘટના ફેરફારનુ માપ દર્શાવે છે "અમુક ટેમ્પરેચરે આપેલા વાયુનુ કદ તેના દબાણથી ઊલટા પ્રમાણમા વધઘટ થાય છે" એટલે કે વાયુના કદ અને દબાણનો ગુણાકાર એકમૂલ્ય (constant) રહે છે દબાણ બમણુ થાય તો કદ અર્ધુ થાય છે

૯ ઘન અને પ્રવાહી ઓછા સંકોચાય છે વાયુ ઘણો સંકોચાય તેવો છે દરેક વસ્તુના અણુમા ઓછીવત્તી શક્તિ રહેલી હોય છે ઘન વસ્તુના અણુમા ઓછી શક્તિ હોય છે, પ્રવાહીના અણુમા વધુ અને વાયુના અણુમા સૌથી વધુ હોય છે એ શક્તિ ઉષ્ણતા આપવાથી મળે છે, અને તેને લીધે અણુ કંપિત અવસ્થામા રહે છે ઉષ્ણતા આપવાથી ઘન વસ્તુ પ્રવાહી અને

પ્રવાહી વાયુરૂપ બને છે. ધન વસ્તુના આકાર અને કદ તે જ રહે છે, પ્રવાહીનો આકાર બદલાય છે પરંતુ કદ તેનું તે જ રહે છે; અને વાયુના આકાર અને કદ બન્ને બદલાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) પિચકારી, શાહીપૂરક, સાદા કેરોસિન પંપ, કેરોસિન સ્ટવ, સાઇફન અને દાબપંપની રચના અને કાર્ય સમજાવો.

(૨) વાલ્વ અને પિસ્ટનના કાર્યની સમજુતી આપો. ચામડાના વૉશરનું કાર્ય સમજાવો.

(૩) ફ્રૉન ઝીરીક વિષે નોંધ લખો અને વાતાકર્ષક પંપની રચના સમજાવો.

(૪) વાયુનાં દબાણ અને કદનો સંબંધ દર્શાવતો પ્રયોગ વર્ણવો. બૉઇલના નિયમની વ્યાખ્યા આપો.

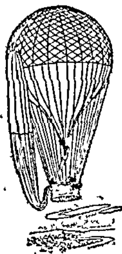
(૫) શૂન્યાવકાશ અને સંકોચાયેલી હવાના ઉપયોગ લખો.

પ્રકરણ ૭

હવા અને પાણીની અંદરના માર્ગો.

૧. બલૂન અને હવાઈ જહાજ (Baloon and Airship). એક રબરની કોથળીમાં જો હલકો વાયુ ભરવામાં આવે અને આખી કોથળીનું વજન તેટલાં જ કદની હવાનાં વજનથી હલકું હોય તો એ કોથળી હવામાં ઊંચે ચઢશે. પાણીમાં લાકડાનો ટુકડો ડુબાવી છોડી દેવામાં આવે તે જેમ ઊંચો ચઢે છે તેમ એ કોથળીનો ગોળો પણ હવામાં તરતો થઈ જશે. બલૂન અને હવાઈ જહાજ (airship) ની બનાવટમાં આ નિયમનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. બલૂન વડે હવામાં ઊડવાનો પહેલવહેલો પ્રયોગ ૧૭૮૩ માં થયો હતો. એક તેલ પાયેલી રેશમની કોથળીને લઈને તેમાં ગરમ કરેલી હવા ભરીને નીચે એક ટોપલી બાંધી તેની અંદર બેસી બે માણસો પ્રથમ ઊંચે ચઢ્યા. બલૂનની હવા ઠંડી પડતાં તે નીચે આવ્યું હતું. ઊંચે ચઢાવવા માટે ટોપલીમાં જે બળતણ રાખવામાં આવ્યું હતું તેને બાળવાથી ગરમ અને હલકી હવા કોથળીમાં ભરાતી હતી અને બલૂન ઊંચે ચઢતું હતું. બેંજામિન ફ્રાંકલિને આ પ્રયોગ જોતાં ભવિષ્ય ભાખ્યું હતું કે, "વખત જતાં બલૂનનો ઉપયોગ આગગાડી કે સ્ટીમરની પેઠે આવવાજવાનાં સાધન તરીકે થાય તો નવાઈ નહિ." બલૂનની ગતિનો આધાર હવાના પ્રવાહ ઉપર રહેતો હતો, એટલે મરજી પ્રમાણે બલૂનને

આકૃતિ ૬૯.



બલૂન

ઊડાડવા માટે વાહક (propeller) ની જરૂર પડી. શરૂઆતના બલૂનનો આકાર ગોળ દડાના જેવો હતો અને તે બહુ સગવડવાળો નહિ લાગવાથી લંબગોળ આકારનો (ચિરુટના જેવો) બનાવવામાં આવ્યો. તેને જોરથી ફરે તેવો પંખો એક બાજુ લગાડવામાં આવ્યો. પંખો ઝડપથી ફરવા માંડે છે તેને લીધે તે આખાં બલૂનને હવાની અંદર આગળ ખેંચે છે. પંખો ફરવાથી તે હવાને પાછળ ધકેલે છે અને હવા એટલા જ બળથી પંખાને આગળ ધકેલે છે. એવા પંખાને વાહક-પંખો (propeller) કહેવામાં આવે છે. *ચિરુટના આકારના વાહકવાળાં બલૂનને હવાઈ જહાજ* (*airship* અથવા *dirigible*) કહેવામાં આવે છે. એના ઉપલા મોટા ભાગમાં હાઈડ્રોજન કે હેલિયમ જેવા હલકા વાયુ ભરવામાં આવે છે. તેની નીચેના ભાગમાં બેસવાના અને વાહક-પંખાને ફેરવવાનાં યંત્રો રાખવાના ઓરડા હોય છે. વાહક-પંખા (propeller) ને પેટ્રોલના યંત્રથી ચલાવવામાં આવે છે.

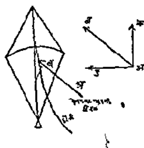
૨. હવાઈ જહાજનો ઇતિહાસ. જેને સુકાન કરી શકાય તેવું હવાઈ જવાજ પ્રથમ ફ્રેન્ચ લશ્કરી અમલદાર કેપ્ટન રેનોર્ડ બનાવ્યું હતું. એનો વાહક-પંખો (propeller) વિદ્યુતથી ચલાવવામાં આવ્યો હતો. એ હવાઈ જહાજ કલાકના ૧૩ માઈલની ઝડપે ઊડ્યું હતું. એનાથી વિશેષ સરળતાથી ચલાવાય એવું જહાજ સન્ટોસ ડ્યુમોન્ટે બનાવ્યું, અને તેણે ૧૯૦૧ માં ૨૦,૦૦૦ ડૉલરનું ઈનામ મેળવ્યું. એ હવાઈ જહાજના બલૂનનો ભાગ ૧૧૨ ફૂટ લાંબો, અને ૧૯ ફૂટ વ્યાસનો હતો. એનું કદ ૬,૪૦૦ ઘન ફૂટ હતું. નીચે લગાડેલો બેસવાનો અને યત્રનો ડબ્બો હલકાં (light) લાકડાનો હતો અને તેનું વજન માત્ર ૧૧૦ રતલ હતું. તેમાં પેટ્રોલથી વાહક-પંખો ચલાવવામાં આવ્યો હતો. ડબ્બો વિમાન

સાથે પાતળા તાર વડે જોડવામાં આવ્યો હતો, એટલે ઉંચે જતાં તાર દેખાતા નહિ હોવાથી ડબ્બો જાણે, અધ્ધર વિમાનની પાછળ જતો હોય એમ લાગતું હતું. જર્મનીના કાઉંટ ઝેપલીને આ જહાજોથી પણ ઉત્તમ અને સંપૂર્ણ જહાજ તૈયાર કર્યાં અને તે આજ સુધી અજોડ રહ્યાં છે. ઝેપલીનનું હવાઈ જહાજ ૩૯૦ ફૂટ લાંબું અને ૩૮ ફૂટ વ્યાસનું હતું. એમાં માત્ર એક જ બલૂન રાખતાં મોટું એલ્યુમિનિયમનું ચોકઠું બનાવી જુદાંજુદાં સત્તર સ્વતંત્ર બલૂનો રાખ્યા હતાં. આથી જો એકાદ બલૂન ફૂટી જાય તો પણ આખાં જહાજને નુકસાન થાય નહિ. એના બલૂનમાં કુલ ૧,૦૮,૦૦૦ ઘનફૂટ વાયુ રહે એવડું કદ હતું. એલ્યુમિનિયમનાં પતરાંની લાંબા કઠેરાવાળી નીચેની ગાડી ૩૨૬ ફૂટ લાંબી હતી. આના પછી 'ડૉઈશલેન્ડ' (deutschland) નામનું જહાજ ઝેપલીને બાંધ્યું અને એનો ઉપયોગ નિયમિત વાહન તરીકે કરવામાં આવ્યો. એણે તૈયાર કરેલું ગ્રાફ ઝેપલીન પણ જગતનાં જહાજોમાં સૌથી શ્રેષ્ઠ જહાજ હતું અને એના વડે તેણે પેસિફિક મહાસાગર ઉપર અનેકવાર યુરોપથી અમેરિકાની સફર એકી મુસાફરીએ કરી હતી. જર્મનીના વયોવૃદ્ધ લડવૈયા ફૉન હિન્ડેનબર્ગના મૃત્યુ પછી એ જહાજનું નામ "હિન્ડેનબર્ગ" રાખવામાં આવ્યું હતું. જગતમાં સર્વશ્રેષ્ઠ ગણાતું જહાજ પણ ૧૯૩૭ ના મે માસની સાતમી તારીખે અકસ્માતે સળગીને ભસ્મ થઈ ગયું. ઇંગ્લેન્ડે પણ ઘણાં હવાઈ જહાજો બનાવ્યાં છે, પરંતુ જર્મનીના જેટલી ફતેહ એને મળી નથી. R-34 નામનું હવાઈ જહાજ પેસિફિક મહાસાગરને એકી સફરે ઓળંગનાર પ્રથમ હતું. ત્યારપછી ૧૯૩૦ માં ઇંગ્લંડે R-101 નામનું મોટું જહાજ તૈયાર કર્યું; પરંતુ તે જ વર્ષે પહેલી જ સફરમાં અકસ્માત નડતાં એ પણ R-34 ની પેઠે નાશ પામ્યું હતું. આનું મુખ્ય કારણ એમાં વપરાયેલો સળગી

ઊડે તેવો હાયડ્રોજનનો વાયુ જ હતો એમ માનવામાં આવે છે. જો જહાજોમાં હાઇડ્રોજનને બદલે હેલિયમ નામનો સહેજ ભારે વાયુ વાપરવામાં આવે તો જહાજને સળગી જવાનો ભય રહેતો નથી, કારણ કે એ વાયુ સળગે તેવો નથી.

૩. વિમાન (Aeroplane). હવામાં બલૂનની સહાયતા વિના ઊડી શકાય કે કેમ એ પ્રશ્ન તરફ વૈજ્ઞાનિકોનું ધ્યાન ગયું. અત્યારના વિમાનની શોધ થઈ તે પહેલાં હવાને લીધે ભારે પતંગ ઊડે છે તેમજ હવામાં ભારે પંખી ઊડે છે એ જોઈને બલૂન વિના એવા જ કોઈ બળથી વિમાન બનાવી ઊડી શકાય કે કેમ તે માટે શોધ થવા લાગી.

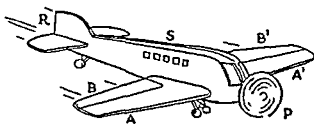
આકૃતિ ૭૦.



પ્રથમ પતંગ કેમ ઊડે છે એ જોઈશું તો વિમાન કેમ ઊડે એ સમજમાં આવશે. પવન વાતો હોય તો જ પતંગ ઊડી શકે છે. આકૃતિ (૭૦) માં અ વ પવનની દિશા બતાવે છે. એ પવનનું બળ બે રીતે પતંગ ઉપર અસર કરે છે, એ બાજુમાં બતાવવામાં આવ્યું છે. એમાં અ ૨ લેટી પવનના બળનું માપ અને

હવા સ્થિર હોય તો પતંગની દોરી લઈને દોડવાથી પતંગ ઉપર પવન વાતો હોય તેવી અસર થશે અને પતંગ ઊંચે ઊડશે. આ જ રીતે વિમાનને ચલાવવામાં અને ઊંચે ઊડાડવામાં પવનની ગતિને ઉપયોગમાં લેવાય છે. પતંગના મોટા કાગળને સ્થાને વિમાનની પાંખો કામ કરે છે. એના ઉપર સાધારણ હવાનો પ્રવાહ લાગે તેના વડે તે વિમાન ઊંચે ચઢે એટલું બળ ઉત્પન્ન થતું નથી. આથી પવનનો બનાવટી પ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. વિમાનના મુખ આગળ એક મોટો વાહક–પંખો P રાખવામાં આવે છે (આકૃતિ ૭૧). એ પંખો હવામાં ફરવાથી હવા આખા વિમાનને આગળ હડસેલે છે. શરુઆતમાં વિમાન જમીન ઉપર જ દોડે છે. જ્યારે એ વિમાન ગતિ મેળવી આગળ વધે છે ત્યારે તેની પાંખો (A, A') ઉપર જોરથી પવન લાગવા માંડે છે. એ પવનનું દબાણ ધીમેધીમે એટલું

આકૃતિ ૭૧.

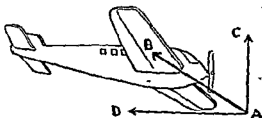


A A' = પાંખો, P = વાહક પંખો, B B' = પાંખની ફ્લાટકો જે ઊંચે નીચે વળે છે અને વિમાનને ઊંચે ચઢાવવાનું અથવા નીચે ઉતારવાનું કામ કરે છે. R = આજુબાજુ વળવા માટે ઉપયોગમાં આવતી પૂછડી, ,S = બેઠક.

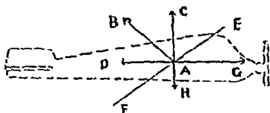
વધી જાય છે કે વિમાન હવામાં ઊંચકાઈ જાય છે અને પછી અદ્ધર હવામાં જ આગળ વધે છે.

આ પવનના પ્રવાહને લીધે લાગતું દબાણ આકૃતિ (૭૨) માં બતાવ્યા મુજબ અસર કરે છે. પાંખ ત્રાંસી હોવાથી પવનનું દબાણ A B દિશામાં થાય છે. એ બળને બે દિશામાં વિભાગીએ તો A C અને A D બળ મળે છે એનાથી એક ઊભું A C અથવા શિરોલંબ (vertical) ઊંચે લાગતું બળ વિમાનને હવામાં ઊંચે ચઢાવે છે, અને બીજું આડું અથવા સમસૂત્ર (horizontal) A D બળ વિમાનની ગતિને રોકે છે (આકૃતિ ૭૨). આકૃતિ (૭૩)માં Γ F પાંખની દિશા બતાવે છે, A B પવનનું બળ છે; એ બળને A C અને A D બળમા વહેંચી શકાય છે. A H બળ વિમાનનું વજન બતાવે છે અને એ A H બળ વિમાનને નીચે ખેંચે છે.

આકૃતિ ૭૨.



આકૃતિ ૭૩.



પવનનું AC બળ વિમાનને ઊંચે ખેંચે છે, અને AC બળ AH થી વધુ હોવાથી વિમાન ઊંચે ચઢે છે. પવનનું AD બળ વિમાનને

પાછળ ધકેલે છે, પરંતુ પંખો હવામાં ફરે છે અને તે AG બળથી વિમાનના આગળ ખેંચે છે. AG બળ AD કરતા વધુ હોવાથી વિમાન આગળ વધે છે.

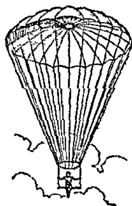
૪. રાઈટ ભાઈઓ. આવી જાતનું બલૂનની સહાયતા વિના ઊડે એવું વિમાન ડેયટન ખાતે રાઈટ નામના બે ભાઈઓએ તૈયાર કર્યું હતું. ઑરવીલ રાઈટ અને વિલ્બર રાઈટ નાના હતા ત્યારે એમના બાપે તેમને નાનું, વિમાનની પેઠે ઊડે એવું એક રમકડું આપ્યું હતું. એ વખતથી એ બન્ને બાળકોને એવાં યંત્રદ્વારા હવામાં ઊડવાનું મન થયું. એ જ અરસામાં જર્મનીમાં લીલિયન્થેાલ નામના એક સાહસિકનું ઊડવાના પ્રયત્નમાં મૃત્યુ થયું, એટલે એ બન્ને ભાઈઓને વળી પાછી ઊડવાના પ્રયોગ કરવાની આકાંક્ષા વધી. પ્રથમ એમણે વાહક–પંખા (propeller) વિનાનાં સરતાં વિમાન (glider) વડે ઊડવાના પ્રયોગોમાં પ્રવીણતા પ્રાપ્ત કરી. આ પ્રયોગમાં સફળતા મળી એટલે એમને લાગ્યું કે ઊડતાં રમકડાંની પેઠે સરતાં વિમાન (glider) ને જો વાહક–પંખો લગાડ્યો હોય તો વિમાન હવામાં ઊડી શકે. આ યુક્તિથી સંપૂર્ણ વિમાન ૧૯૦૫ માં તૈયાર કર્યું. વાહક–પંખો (propeller) મોટરના જેવા પેટ્રોલથી ચાલતા એંજિન વડે ચાલતો હતો. આવી જાતનાં વિમાન વડે દુનિયામાં પહેલવહેલાં ૧૯૦૩ ની ૧૭ મી ડિસેમ્બરે ઑરવીલ રાઈટ હવામાં ચાર વખત ઊડ્યો અને વધુમાં વધુ ૫૯ સેકંડ સુધી હવામાં રહી એકીવખતે ૮૫૨ ફૂટ અંતર એણે કાપ્યું.

આ પછી અનેક લોકોએ પ્રયોગની પાછળ મંડ્યા અને તેથી વિમાનમાં ઘણો સુધારો વધારો થયો. આજે ૨૦૦ થી ૩૦૦ માઈલની ઝડપે જનારાં વિમાન પણ છે. શરુઆતના વિમાનને એક ઉપર અને એક નીચે એમ બે પાંખોની જોડ હતી એટલે તેમને

દ્વિપાંખી વિમાન (biplane) કહેવામાં આવતાં. ત્યાર પછી એક જ પાંખવાળાં વિમાન (monoplane) પણ નીકળ્યાં છે. આવી જાતનાં એકપાંખી વિમાન વડે બ્લેરૉટ નામના વિમાનીએ બ્રિટીશ ચૅનલ પ્રથમ ઓળંગી હતી. એકપાંખી વિમાનને જમીનથી અદ્ધર થવા જમીન ઉપર બહુ લાંબો વખત દોડવું પડતું નથી. દ્વિપાંખી વિમાનને ઊડતાં પહેલાં જમીન ઉપર ઘણે લાંબે સુધી દોડવું પડે છે. જમીન ઉપર ૫૦ થી ૬૦ માઈલની ઝડપે વિમાન દોડતું થાય એટલે આપોઆપ હવાનાં બળ વડે વિમાન જમીનથી ઊંચકાય છે. જમીન ઉપર વિમાન દોડી શકે એટલા માટે એની નીચે સાઈકલના જેવાં પૈડા રાખવામાં આવે છે.

૫. **વિમાની છત્રી (પૅરેશૂટ, Parachute).** ઘણીવાર વિમાનનું ઍંજિન બંધ પડી જવાથી અથવા વિમાનને અકસ્માત નડવાથી અંદર બેઠેલા માણસોને વિમાન છોડવાની જરૂર પડે છે. હવામાંથી અધ્ધર વિમાનને પડવા દેવામાં આવે તો માણસ પ્રચંડ ગતિથી નીચે પડે અને જમીન ઉપર અથડાતાં મૃત્યુ પામે. આટલા માટે માણસને જો મોટી છત્રી આપવામાં આવે તો (આકૃતિ ૭૪) છત્રીની અંદર લાગતું હવાનું દબાણ માણસની ગતિના વધારા સાથે વધતું જાય છે, એટલે તે માણસની પડવાની ગતિને ધીમી કરે છે. વિમાન છોડ્યા પછી એ છત્રી તરત ખુલ્લી થઈ જાય એવી વ્યવસ્થા રાખવામાં આવે છે. છત્રી ખુલ્લી થાય કે તરત એમાં ભરાયેલી હવા માણસની

આકૃતિ ૭૪.



પૅરેશટ (વિમાની છત્રી)

નીચે પડવાની ગતિને ધીમી પાડે છે. આમ બહાર લટકેલો માણસ હવામાં તરતો તરતો જરા યે ભય વિના નીચે ઊતરે છે. એ છત્રીની ટોચમાંથી અંદર ભરાયેલી હવા ધીમેધીમે નીકળી શકે તેટલા માટે એક કાણું રાખવામાં આવે છે. એવી છત્રીને પૅરેશૂટ (parachute) કહેવામાં આવે છે.

૬. **પાણીની અંદરના માર્ગો.** હવામાં ઊડવાનાં સાધન મળ્યાં; પાણીની સપાટી ઉપર સૈકાઓથી વ્યવહાર ચાલુ હતો; જમીનની સપાટી અને જમીનનાં ગર્ભમાં પણ માર્ગ થયા; એટલે વીસમી સદીની શરુઆતમાં સમુદ્રમાં પાણીની અંદર માર્ગ કરી શકાય કે કેમ તે વિષે વિચાર થવા લાગ્યો. કોઈ પણ જહાજ પાણીની અંદર ડૂબીને માર્ગ કાપે તે પહેલાં તેને પાણીની અંદર ગમે ત્યાં સમતોલ રહે તેવું બનાવવું જોઈએ. પાણીથી ઓછી ઘનતાવાળી વસ્તુ પાણીમાં તરે છે અને વધુ ઘનતાવાળી વસ્તુ પાણીમાં ડૂબી જાય છે. કોઈ યુક્તિથી એક વસ્તુની ઘનતા પાણીની ઘનતાના જેટલી જ કરવામાં આવે તો તેને પાણીની અંદર ગમે તે જગ્યાએ સમતોલ રાખી શકાય. આ નિયમને પૂર્તિ આપતો એક સાદો અને આનંદ ઉપજાવે એવો પ્રયોગ કાર્ટિશિયન ડાઈવર (cartisian diver) નો છે.

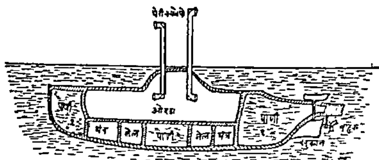
૭. **કાર્ટિશિયન ડાઈવર (Cartisian Diver).** પાછળ બતાવેલી આકૃતિ (૭૫) માં એક પાણીથી ભરેલું વાસણ છે. પાણીની સપાટી ઉપર એક ઢીંગલી તરતી રાખેલી છે, અને એ વાસણનું મોંઢું જાડા રબરના પરદાથી બંધ કરેલું છે. ઢીંગલી પોલી છે અને અંદર હવા છે. પ્રથમ એ ઢીંગલીનું વજન સહેજ હલકું હોવાથી તે પાણી ઉપર તરતી રહે છે. ઢીંગલીની એક બારીક કાણાની ખુલ્લી નળીવાળી પૂછડી પાણીમાં ડૂબેલી રહે છે. એ નળીનું કાણું બારીક હોવાથી પાણી અંદર દાખલ થઈ શકતું નથી. હવે વાસણ ઉપરના

આકૃતિ ૭૫. પડદા ઉપર દબાણુ કરીશું તેા પાણીની સપાટી ઉપરની હવા સંકેાચાશે અને તેથી પાણીની સપાટી ઉપર દબાણુ થશે. આ દબાણુની અસર ઢીંગલીની અંદર રહેલી હવાની ઉપર તેના પૂછડીના ખુલ્લા છેડાદ્વારા થાય છે, અને ઢીંગલીની અંદરની હવા સંકેાચાવાથી પૂછડી વાટે ઢીંગલીમાં પાણી દાખલ થાય છે. પુરતું દબાણુ કરવાથી ઢીંગલીમાં વત્તુંઓછું પાણી દાખલ કરી શકાય છે. આથી ઢીંગલીનું વજન પણ વત્તુંઓછું થાય છે. શરૂઆતમાં ઢીંગલીનું વજન એટલાં જ કદનાં પાણીનાં વજનથી માત્ર સહેજ હલકું હેાવાથી તે પાણી ઉપર તરે છે. ઢીંગલીમાં પૂછડી દ્વારા થેાડું પાણી દાખલ થાય એટલે ઢીંગલીનું વજન તેના જેટલાં કદનાં પાણીનાં વજન જેટલું અથવા તેથી પણ વધુ થઈ જાય છે અને તેથી પાણીમાં ડૂબવા લાગે છે. આથી પડદા ઉપર સહેજ દબાણુ કરતાં ઢીંગલી પાણીમાં ડૂબકી મારતી માલૂમ પડે છે. દબાણુ જો વધુ હશે તેા ઢીંગલી તળિયે જઈ બેસે છે. પડદા ઉપરનું દબાણુ ધીમેધીમે ઓછું કરીએ તેા ઢીંગલીમાંની હવા વિસ્તાર પામે છે અને પૂછડીમાં ભરાયેલું પાણી બહાર આવે છે. આથી ઢીંગલી હલકી થઈ ફરીથી પાણી ઉપર તરી નીકળે છે. જો દબાણુ એવી રીતે કરવામાં આવે કે જેથી ઢીંગલીનું કુલ વજન તેટલાં જ કદનાં પાણીનાં વજન જેટલું જ થાય તેા, ઢીંગલી પાણીમાં કેાઈ પણ જગ્યાએ સ્થિર રહેશે. દબાણુ ઓછું કરવામાં આવશે તેા ઢીંગલી ઊંચે આવશે અને દબાણુ વધારવામાં આવે તેા તે અંદર ડૂબકી મારશે. સબમરીનમાં પણ આગળ કહેલું તેમ એ જ નિયમનેા ઉપયેાગ થાય છે.



૮. સબમરીન. સબમરીન ખાસ કરીને લડાઈમાં વધુ ઉપયેાગમાં આવે છે. એની અંદરથી ટૉર્પેડો (બૉમ્બ) પાણીની અંદર

આકૃતિ ૭૬.



ડૂબીને જ છેાડવામાં આવે છે. જોઈ ન શકાય એમ પાણીની અંદર એ ડૂબીને માર્ગ કાપી મેાટી સ્ટીમરની છેક નજીક પહેાંચે છે અને ત્યાંથી ટૉર્પેડો છેાડીને સ્ટીમરને ભાંગી નાંખે છે. ટૉર્પેડો પણ એક નાનુંસરખું સબમરીન જેવું જ યંત્ર છે. એની અંદર બૉમ્બમાં હેાય છે તેવાં રસાયણેા રાખેલાં હેાય છે. ટૉર્પેડો સ્ટીમરની સાથે અથડાતાં ભયંકર બળ સાથે ફૂટે છે, અને સ્ટીમરના ભૂકા કરી નાંખે છે.

સબમરીનની રચના સાધારણ રીતે આકૃતિ (૭૬) માં બતાવ્યા મુજબ હેાય છે. એમાં સંકેાચેલી હવા (compressd air)ની નળીએા રાખવામાં આવે છે અને તેનેા ઉપયેાગ અંદર દાખલ કરેલાં પાણીને કાઢવામાં થાય છે. ઉપર પેરીસ્કેાપ બતાવેલા છે. એ નળીમાં બે ત્રિપાર્શ્વ (prisms) રાખવામાં આવેલા છે, એટલે સપાટી ઉપરની વસ્તુએા અંદર બેઠાંબેઠાં જોઈ શકાય છે. સબમરીનના નીચેના ભાગમાં ડાબી અને જમણી બાજુએ બતાવેલાં ૧ અને ૨ ખાનામાં જરૂર પડે તેા વત્તુંઓછું પાણી દાખલ કરી સબમરીનને પાણીમાં સમતેાલ રાખી શકાય છે. સબમરીનને પાણીમાં ડુબાવવી હેાય તેા વધુ પાણી દાખલ કરી સબમરીનને ભારે

કરવામાં આવે છે અને જ્યારે સમુદ્રની સપાટી ઉપર આવવું હોય ત્યારે સંકોચાયેલી હવાના દબાણથી એ પાણી બહાર કાઢી નાંખવામાં આવે છે. સબમરીનને છેડે વાહક-પંપો (propeller) હોય છે અને તે વડે સબમરીનને પાણીમાં ચલાવવામાં આવે છે. પાણીની અંદર જેમ ઊંડે જઈએ તેમ પાણીનું દબાણ વધે છે એટલે ઘણુંખરું સબમરીન એક માઈલથી વધુ ઊંડે જઈ શકતી નથી. જો એથી વધુ ઊંડે જાય તો પાણીનું દબાણ એટલું પ્રચંડ થાય કે તેથી સબમરીન દબાઈને ભાંગી જાય છે. ઘણુંખરું સબમરીનને ૧૫૦ થી ૨૦૦ ફૂટથી વધુ ઊંડાઈએ લઈ જવામાં આવતી નથી.

૯. મરજીવો પોશાક (Diver's suit). દરિયાના તળિયામાં શોધ કરવા, ઈજનેરી કામ કરવા અથવા મોતી કાઢવા માટે ઊતરવું પડે છે. મોતી કાઢવા માટે મરજીવા લોકો એક પથ્થર બાંધી પાણીમાં ઊતરે છે અને ચારપાંચ મિનિટ સુધી અંદર તપાસ કરી પાછા ઉપર નીકળી આવે છે. આ રીતે બીજાં કોઈ રક્ષણ વિના પાણીમાં ઊતરવું જોખમભરેલું છે; કારણ કે ૩૪ ફૂટ નીચે ઊતરતાં પાણીનું વધારાનું દબાણ પણ વાતાવરણનાં જેટલું જ થાય છે. પાણીનાં આ દબાણથી રક્ષણ કરવા માટે અને લાંબો વખત પાણીમાં જ હવા લઈ કામ કરી શકાય તે માટે મરજીવાનો પોશાક (diver's suit) વપરાય છે (આકૃતિ ૭૭). આ પોશાક રબરનો બનાવેલો છે. એના માથા ઉપર લોખંડની ટોપ હોય છે અને તેમાંથી બહાર જોવા માટે કાચની બે બારીઓ

આકૃતિ ૭૭.



મરજીવાનો પોશાક

રાખવામાં આવે છે. ઘણુંખરું મરજીવા (diver)ને એક રબરની નળી વાટે બહારથી હવા આપવામાં આવે છે. વપરાયેલી હવા એક વાલ્વદ્વારા પાણીમાં કાઢી નાંખવામાં આવે છે. ઘણી વખત એ પોતાની સાથેની એક નળીમાં સંકોચેલી હવા લઈ નીચે ઊતરે છે અને એ હવા એના પોશાકમાંથી ધીમેધીમે છોડતો જાય છે. એને જ્યારે ઉપર આવવું હોય છે ત્યારે તેનાં પોશાકમાં જ વધુપડતી હવા એ રોકી રાખે એટલે એ માણસ આપોઆપ ઊંચે તરી આવે છે. પાણીમાં ડૂબવા માટે એ પોશાકની સાથે જ કમરમાં સીસાંનો બનાવેલો એક વજનદાર પટ્ટો રાખેલો હોય છે. એનાં પગનાં જોડાનાં તળિયામાં પણ ઘણું સીસું રાખેલું હોય છે. ઘણે ભાગે ૬૦ કે ૮૦ ફૂટથી વધુ ઊંડાઈએ મરજીવા જઈ શકતા નથી. એટલી ઊંડાઈએ એના શરીર ઉપર પાણીનું દબાણ (હવામાનના દબાણ ઉપરાંત) બે વાતાવરણ જેટલું થાય છે. આથી વિશેષ દબાણ એને માટે જોખમકારક છે. આમ છતાં ૧૯૧૫ માં ફ્રેન્ક ક્રીલી નામનો માણસ યુનાઈટેડ સ્ટેઈટ્સની હોનોલુલુ આગળ ડૂબી ગયેલી (F–4) સબમરીનની શોધ કરવા ૨૦૪ ફૂટ ઊંડાઈ સુધી ડૂબકી મારી ગયો હતો.

સાર

૧. હવાથી હલકી એટલે હવાથી ઓછી ઘનતાવાળી વસ્તુ હવામાં તરે છે. બલૂનની કોથળીમાં હાઈડ્રોજન અથવા હેલિયમ જેવા હવાથી હલકા વાયુ ભરવાથી તે હવામાં તરતું થઈ જાય છે.

૨. વિમાન હવાથી ભારે છે, પરંતુ હવામાં ઊડે છે તેનું કારણ એ હોય છે કે તેના ઉપર હવાના બનાવટી પ્રવાહનું દબાણ લગાડવામાં આવે છે. પવન વાતો હોય તેમાં પતંગ ઊડે છે, કારણ કે પતંગ ત્રાંસો રહેવાથી હવાનો પ્રવાહ તેના ઉપર ઊંચે દબાણ કરે છે. આ દબાણથી પવન હવામાં દોરીનાં વજન સાથે સમતોલ રહે છે. વિમાન વધુ ભારે હોવાથી હવાનો મોટો પ્રવાહ જોઈએ

છે. એ પ્રવાહ વિમાનના પ્રોપેલર (વાહક-પંખા) વડે પેદા કરવામાં આવે છે. પ્રોપેલર ફરવાથી હવાનો પ્રવાહ પેદા થાય તે વિમાનની પાંખ ઉપર દબાણ કરી વિમાનને હવામાં સમતોલ કરી આગળ ખેંચે છે.

૩. વિમાન જોખમમાં હોય ત્યારે પૅરેશૂટ (વિમાની છત્રી) વડે માણસ કૂદી પડી જમીન ઉપર આવે છે. છત્રી પહોળી હોવાથી ઝડપથી નીચે ઊતરતાં તેના ઉપર હવાનું ખૂબ દબાણ થાય છે. પડનાર માણસની ગતિ એ દબાણથી ધીમી પડે છે.

૪. સબમરીન વડે પાણીથી અંદર ડૂબીને માર્ગ કપાય છે. વહાણો કદના પ્રમાણમાં પાણીથી હલકાં છે એટલે તરે છે. સબમરીન પણ પાણી ઉપર તરે ત્યારે હલકી હોય છે. પરંતુ એમાં વત્તુંઓછું પાણી દાખલ કરવાથી તેને ભારે બનાવી પાણીમાં ડુબાવી શકાય છે. જ્યારે ઉપર આવવું હોય ત્યારે સબમરીનની અંદર દાખલ થયેલું પાણી સંકોચેલી હવા વડે દબાણ કરી બહાર કાઢવામાં આવે છે.

૫. પાણીમાં ડૂબકી મારી શોધ કરવા માટે મરજીવો પોશાક વપરાય છે. એ પોશાક ચારેબાજુથી બંધ હોય છે અને નીચે ઊતરવા માટે સરળતા પડે તેથી તેને સીસા વડે ભારે બનાવેલો હોય છે. જોવા માટે કાચની બારી અને શ્વાસ લેવા માટે સંકોચેલી હવા તેમાં હોય છે. કેટલીક વાર ચોખ્ખી હવા ઉપરથી રબરની નળીદ્વારા પણ આપવામાં આવે છે.

પ્રશ્નો

(૧) પૅરેશૂટ, સબમરીન અને મરજીવા પોશાક વિષે ટૂંક નોંધ લખો.
(૨) બલૂન અને વિમાન વચ્ચે શો ભેદ છે ?
(૩) રાઈટ્સ ભાઈઓ અને વિમાન વિષે ટૂંક નોંધ લખો.
(૪) પતંગ ઊડે ત્યારે કયું બળ પતંગને ઊડતો રાખે છે ?

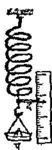
પ્રકરણ ૮

સ્થિતિસ્થાપકતા

૧. સ્થિતિસ્થાપકતા (Elasticity). જગતમાંની ઘણીખરી વસ્તુ સ્થિતિસ્થાપક હોય છે. સાધારણ રીતે સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણ રબરની પટી વડે ધ્યાનમાં આવે છે. રબરની પટી ખેંચીને છોડી દેવાથી માલૂમ પડે છે કે તે પાછી પોતાની અસલની લંબાઈએ કે સ્થિતિએ આવી જાય છે. આનું કારણ તેની સ્થિતિસ્થાપકતા જ છે. સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણ દ્રવ્યની અંદર અણુઓના એકમેકના આકર્ષણબળને લીધે આવે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે ઘન વસ્તુના અણુ એકમેકની સાથે ઘણા બળથી સંયુક્ત રહે છે, એટલે ઘન વસ્તુને બળથી ખેંચવામાં આવે તો તેને ખેંચવામાં મુસીબત પડે છે. એક લોખંડનો તાર, રબરની પટી, ધાતુની કમાન વગેરેને સાધારણ બળ વાપરી અમુક હદ સુધી ખેંચવામાં આવે અને પછી બળ ખસેડી લેવામાં આવે તો માલૂમ પડે છે કે એ સર્વ વસ્તુ પોતાની અસલ સ્થિતિએ પાછી આવી જાય છે. આનું કારણ દ્રવ્યના અણુના એકમેક ઉપર થતા આકર્ષણનું જ છે. સ્થિતિસ્થાપકતા એટલે પોતાના અસલ સ્વરૂપમાં આવવાનો વસ્તુનો ગુણ. એક વસ્તુની ઉપર બળ લગાડવામાં આવે અને તે બળ દૂર કરવામાં આવે તો વસ્તુ પાછી પોતાના અસલ સ્વરૂપ ઉપર આવી રહે તો તે વસ્તુ સ્થિતિસ્થાપક કહેવાય છે. કેટલીક વસ્તુ ખેંચવાથી પાછી પોતાના અસલ સ્વરૂપ ઉપર આવી શકતી નથી તે વસ્તુ સ્થિતિસ્થાપક કહેવાતી નથી. દરેક વસ્તુ ઓછીવત્તી સ્થિતિસ્થાપક હોય છે. એક લોખંડની કમાન લઈએ અને તેવી જ તાંબાની કમાન લઈએ તો માલૂમ પડશે કે લોખંડની કમાન વધુ સ્થિતિસ્થાપક છે. તાંબાની કમાન ઉપર સાધારણ ભારે વજન લગાડી

પાછું લઈ લેવામાં આવે તો તે અસલના કરતાં સહેજ લાંબી થયેલી માલૂમ પડશે, પરંતુ લોખંડની કમાન તેવડી જ રહે છે.

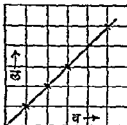
આકૃતિ ૭૮.



૨. હૂકનો નિયમ (Hook's law). પ્રયોગ: (૧) આકૃતિ (૭૮) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક કમાન લો. એ કમાનને એક નાનું પલ્લું બાંધો અને એક દર્શક દ (pointer) લગાડો. નીચે લટકાવેલાં પલ્લામાં અનુક્રમે ૫, ૧૦, ૧૫, ૨૦ ગ્રામ વજન મૂકતાં દર્શક કેટલું નીચે ઉતરે છે તેની બાજુની માપપટી (ruler) ઉપરથી નોંધ કરી લમ્બાઈમાં થયેલો વધારો શોધો. તમારાં અવલોકનો નીચે પ્રમાણે નોંધો. વજન કાઢી લેતાં દર્શક પાછો ક્યાં આવે છે તે ધ્યાનમાં લો.

વજન ગ્રામમાં વ	કમાનની લમ્બાઈમાં થયેલો વધારો સેંટીમિટરમાં લ	$\frac{\text{વજન}}{\text{લંબાઈનો વધારો}}$ = વ/લ
૫		
૧૦		
૧૫		
૨૦		

આકૃતિ ૭૯.

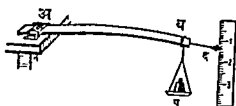


આકૃતિ (૭૯) માં બતાવ્યા મુજબનો વ અને લ નો ગ્રાફ દોરો. ઉપરની નોંધ અને ગ્રાફ ઉપરથી શું અનુમાન કાઢી શકો છો? એક નાની રેતીની કોથળી બાંધી પલ્લામાં મૂકી તેનું વજન શોધી કાઢો.

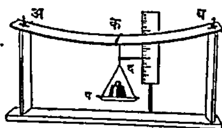
(૨) આકૃતિ (૮૦) માં દર્શાવ્યા મુજબ એક લાંબી લાકડાની પટીનો છેડો ક ટેબલ સાથે જડી દો અને બીજો છેડો ખ ઝૂલતો

રાખો. व છેડાને બતાવ્યા મુજબ એક નાનું પલ્લું प અને દર્શક द બાંધો. પલ્લામાં વારાફરતી ૫, ૧૦, ૧૫ ૨૦ ગ્રામ વજન મૂકી પટી કેટલી વળે છે તે માપપટી ઉપરથી દર્શક વડે શોધી કાઢો. તમારાં અવલોકન ઉપર બતાવેલા કોઠામાં નોંધો. ૧૭ ગ્રામનું વજન પલ્લામાં મૂક્યું હોય તો પટી કેટલી વળશે તે શોધી કાઢો. મૂકેલાં વજનને કાઢી લેતાં દર્શક પાછો ક્યાં આવે તે ધ્યાનમાં લો.

આકૃતિ ૮૦.



આકૃતિ ૮૧.



(૩) ઉપરની પટીને આકૃતિ (૮૧) માં બતાવ્યા મુજબ अ અને ब આગળ આવેલા બે ટેકા ઉપર મૂકો. પટીને अ ને ब ની વચ્ચે क આગળ પલ્લું બાંધો અને માપપટી ઉપર આંક દર્શાવે એવો એક દર્શક द પલ્લાને બાંધો. પલ્લામાં અનુક્રમે ૫, ૧૦, ૧૫, ૨૦, ૨૫ ગ્રામ વજન મૂકી પટી કેટલી નીચી નમે છે તે શોધી કાઢો.

(૪) પટીની જુદીજુદી લંબાઈ લઈ પ્રયોગ (૨) અને (૩) ફરીથી કરો અને અવલોકન ઉપલા પ્રયોગો સાથે સરખાવો.

પટીને કોરી રાખી ફરીથી ઉપરના પ્રયોગ કરો. મૂકેલાં વજન કાઢી લેતાં દર્શક પાછો ક્યાં આવી રહે છે તે ધ્યાનમાં લો. તમારાં અવલોકન પ્રયોગ (૧) માં બતાવેલા કોઠામાં નોંધો. व અને ल નો ગ્રાફ દોરો.

પ્રયોગ (૨) અને (૩) અને (૪) માં એકસરખાં વજનથી કયી સ્થિતિમાં પટી ઓછી વાંકી વળે છે એ તારવી કાઢો.

(૫) એક સાઇકલનો પંપ લઈ તેનું નીચેનું કાણું બંધ કરો. હવે જોરથી પિસ્ટનને દબાવો. હવા સંકોચાશે. પિસ્ટનને છોડી દો. પિસ્ટન પાછો અસલ સ્થિતિએ ધકેલાઈ આવશે.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે કમાન ઉપર ભાર લગાડતાં તે લાંબી થાય છે, પરંતુ વજન કાઢી લેતાં પાછી અસલ સ્થિતિ ઉપર આવી જાય છે. પટીના વળવાના પ્રયોગો ઉપરથી પણ એ જ વસ્તુ તારવી શકાય છે કે પટીને ભાર લગાડતાં વાંકી વળે છે; પરંતુ ભાર કાઢી લેતાં પાછી અસલ સ્થિતિને પ્રાપ્ત કરે છે. પંપના પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે પંપમાં ભૂંગળીમાંની હવા દબાણ કરવાથી સંકોચાય છે અને દબાણ દૂર કરતાં પાછી પહેલેનાં કદ જેટલી વિસ્તાર પામે છે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે કમાન, પટી, હવા વગેરે સ્થિતિસ્થાપક છે, એટલે કે તેમના ઉપર દબાણ થતાં તેમની લંબાઈ, આકાર અથવા કદમાં ફેરફાર થાય છે, પરંતુ દબાણ દૂર કરતાં તે સર્વ પાછાં અસલ સ્થિતિ ઉપર આવી જાય છે. જો અમુક હદથી વધુ બળ કરવામાં આવે તો વસ્તુ પોતાનો અસલ આકાર પ્રાપ્ત કરી શકતી નથી. આ હદને સ્થિતિ-સ્થાપક મર્યાદા (elastic limit) કહેવામાં આવે છે. હૂકનો નિયમ આ મર્યાદામાં લાગુ પડે છે.

ઉપર દર્શાવેલા ૧, ૨, ૩ પ્રયોગના છેલ્લા કોઠાનાં અવલોકન અને ગ્રાફ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે કમાનની લંબાઈનો વધારો (લ) મૂકેલાં વજન (વ) ના પ્રમાણસર જ રહે છે એટલે કે લ/વ ગુણોત્તર (ratio) એકમૂલ્ય (constant) રહે છે. ગ્રાફ ઉપરથી પણ એ જ વસ્તુ સ્પષ્ટ થાય છે. કમાન ઉપર ૧૦ ગ્રામ ભાર મૂકતાં જો દર્શક ૨.૫ સેમિ. નીચે આવે તો ૨૦ ગ્રામ ભાર મૂકતાં ૫ સેમિ. નીચે આવશે. એ જ પ્રમાણે પ્રયોગ ૨ અને ૩ માં પટીનો વળાંક

લ અને ઉપર લગાડેલાં વજન વ નો ગુણોત્તર પણ એકમૂલ્ય રહે છે. વજન બમણું થાય તો પટીનો વળાંક પણ બમણો થાય છે. ૧૦ ગ્રામના ભારથી પટી ૨ સેમિ. વાંકી વળતી હોય તો ૨૦ ગ્રામના ભારથી ૪ સેમિ. વાંકી વળશે. ગ્રાફ ઉપરથી પણ આ બાબત સ્પષ્ટ થાય છે. આને સ્થિતિસ્થાપકતાનો નિયમ અથવા હૂકનો નિયમ કહેવામાં આવે છે. એ નિયમ નીચે પ્રમાણે છે.

"એક વસ્તુ ઉપર લગાડેલાં બળથી તેના આકાર, કદ, અથવા લંબાઈમાં થતો ફેરફાર બળના પ્રમાણસર જ હોય છે."

આ નિયમ ઉપરથી આપણી ખાતરી થાય છે કે

જો; લ = કદ, વળાંક અથવા લંબાઈનો ફેરફાર

અને વ = વસ્તુ ઉપર લગાડેલું બળ હોય

તો, $\frac{\text{લ}}{\text{વ}}$ = એકમૂલ્ય આંકડો.

હવે જો વ ને બદલે વ_1 બળ લગાડીએ તો વસ્તુના કદ, વળાંક કે લંબાઈનો ફેરફાર લ_1 કેટલો થશે તે પણ તુરત જ શોધી કઢાશે, કારણ કે

$$\frac{\text{લ}_1}{\text{વ}_1} = \frac{\text{લ}}{\text{વ}} = \text{એકમૂલ્ય આંકડો.}$$

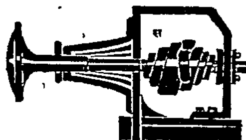
૩. કમાનના ઉપયોગ. પ્રયોગ (૬) ઉપરથી સમજાય છે કે કમાનનો ત્રાજવાં તરીકે ઉપયોગ થઈ શકે છે. એક કમાનને લઈ અમુક વજનથી થયેલો લંબાઈનો વધારો તેની ઉપરની આંકપટી

વડે નોંધી તેના સરખા વિભાગ કરવાથી કમાનકાંટો (spring balance) તૈયાર થાય છે. ગમે તે ભાર હવે કમાનકાંટાનાં પલ્લામાં મૂકીએ તો તેનાથી કમાનની લંબાઈમાં થતો વધારો ભારના પ્રમાણસર હોવાથી આંકપટી ઉપરથી તે ભારનું માપ નોંધી શકાય છે.

(કમાનકાંટો વસ્તુનો ભાર નોંધે છે, કારણ કે એની લંબાઈમાં થતો વધારો મૂકેલાં વજનના ભાર (બળ) જેટલો થાય છે. જો એક જ વજનને કમાનકાંટા વડે આપણે પૃથ્વીની સપાટી ઉપર અને ત્યાર પછી ઊંચા પર્વત ઉપર જઈને તોલીએ તો કમાનકાંટો જુદાંજુદાં વજન બતાવશે; કારણ કે એક વસ્તુ ઉપર લાગતું ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ ઊંચે જતાં ઓછું થાય છે. દાંડીવાળાં ત્રાજવાથી વજનનો વધારો કે ઘટાડો માલૂમ પડતો નથી; કારણ કે એમાં એ વજનથી દાંડી સમતોલ રાખવામાં આવે છે. જુદેજુદે સ્થળે બન્ને વસ્તુ ઉપર લાગતાં બળમાં વધઘટ સરખી જ થાય છે, એટલે ત્રાજવાંની દાંડી સમતોલ જ રહે છે અને વજનનો ફેરફાર નોંધી શકાતો નથી. કમાનકાંટા વડે જ એ ફેર નોંધી શકાય છે; કારણ કે એમાં કમાનની લંબાઈમાં થયેલો વધારો એક જ વસ્તુની ઉપર લાગતાં બળનું માપ બતાવે છે.)

કમાનના સ્થિતિસ્થાપકપણાનો ઉપયોગ એ વસ્તુ અથડાય તો તેનો પ્રત્યાઘાત (reaction) કરી નુકસાન ન થાય તેટલા માટે થાય છે. જો કમાનને બળ કરી દબાવીએ તો તે તેટલાં જ બળથી પ્રત્યાઘાત કરે છે અને બળને દૂર કરતાં વળી પાછી અસલ સ્થિતિએ આવે છે. જેટલું બળ કમાન ઉપર લાગે છે તેટલાં જ બળથી એ પ્રત્યાઘાત કરે છે અને બળના પ્રમાણમાં સંકોચાય છે. આનો ઉપયોગ ગાડીના બફર્સ (buffers) માં થાય છે (આકૃતિ ૮૨).

આકૃતિ ૮૨.



એ ગાડીના ડબ્બા જોડતી વખતે સાથેસાથે લાવવા પડે છે, અને પાટા ઉપર ચાલતા હોવાથી નજીક આવતાં એ ડબ્બાઓ ઘણેભાગે એકબીજા સાથે જોરથી અથડાય છે. જો એ ડબ્બા બીજાં કોઈ રક્ષણ વિના સામસામા અથડાય તો જરૂર તેમને નુકસાન પહોંચે. ધાતુનાં બે વાસણ સાધારણ ગતિથી અથડાય તોપણ એની અંદર ગોબા પડે છે, તો મોટાં વજનના ડબ્બા અથડાય તો તે જરૂર ભાંગી જાય, અથવા બેવડ વળી જાય. આમ નુકસાન થતું અટકાવવા આકૃતિ (૮૨) માં બતાવેલી રચના કરવામાં આવે છે. બે અથડાતી વસ્તુના પ્રત્યાઘાતરક્ષક સાધનને બફર્સ (buffers) કહેવામાં આવે છે. એમાં એક જાડો ધાતુનો સળિયો એક નળીનાં સરે એમ ગોઠવેલો હોય છે. એ સળિયાના બહારના ભાગ ઉપર એક ઘણી સ્થિતિસ્થાપક કમાન સ વીંટાળેલી હોય છે. એવા જ પ્રકારનાં બીજાં બફર સાથે જ્યારે એ અથડાય છે ત્યારે સામેના બળથી સળિયો નળીમાં સરવાનો પ્રયત્ન કરે છે; પરંતુ કમાન તેની સ્થિતિસ્થાપકતાને લીધે નળીમાં સરતા સળિયાને પ્રત્યાઘાત કરી એના ઉપરના બળનો અવરોધ (resist) કરે છે. એવી જ રીતે સામેનું બફર પણ બળનો પ્રત્યાઘાત કરી અવરોધ કરે છે. આવી બન્ને બફર્સના. સામસામી પ્રત્યઘાતથી અથડાતા ડબ્બાનું બળ એકદમ ઓછું થઈ જાય છે અને કમાનની સ્થિતિસ્થાપકતાને લીધે એ ડબ્બા અથડાઈને સ્થિર થઈ જાય છે. વળી એ પ્રત્યાઘાત પણ ક્રમશઃ (gradually) થાય છે, કારણ કે જેમ

કમાન સંકોચાતી જાય તેમ તેનું સ્થિતિસ્થાપક બળ વધતું જાય છે. કમાનનું એ પ્રત્યાઘાતી બળ ક્રમશઃ વધીને અંતે સામેના બળને અટકાવી દે એટલું થઈ જાય છે.

એવા જ ગુણથી આપોઆપ ઢંકાઈ જાય તેવા દરવાજામાં તેમજ બીજાં યાંત્રિક સાધનોમાં કમાન લગાડવામાં આવે છે.

દરવાજો ઉઘડતાં કમાન લાંબી થાય છે, પરતુ દરવાજો છોડી દેતાં કમાન અસલ સ્થિતિને પ્રાપ્ત કરે છે અને દરવાજો બંધ થઈ જાય. છે. સોફા, તકિયા, તળાઈ વગેરેમાં પણ ઉપલા કારણથી જ કમાન નાખવામાં આવે છે.

૪. પટીનું વળવું (Bending of Beams). પ્રયોગ (૨) ઉપરથી માલૂમ છે કે જો વધુ વજન મૂકીએ તો પટી વધુ વાંકી વળે છે. ઓછું વજન મૂકીએ તો ઓછી વળે છે. જો આ જ પટીના બન્ને છેડા પ્રયોગ (૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે રાખીએ અને પટીની વચ્ચે વજન લગાડીએ તો માલૂમ પડે છે કે એ પટી વાંકી વળે છે, પરંતુ પહેલાંના જેટલી નહિ. આ ઉપરથી સમજાય છે કે પટીને બે છેડે જડવાથી તે વધુ ભાર ખમી શકે છે. હવે એ જ પટીને સપાટ ન મૂકતાં કોડી કરીને (નાની બાજુ ટેબલ ઉપર રહે તેમ) વચ્ચે વજન લગાડીએ તો માલૂમ પડે છે કે એ બહુ જ ઓછી વળે છે. આ ત્રણે પ્રયોગ ઉપરથી એટલું સાબિત થશે કે (૧) એક પટી એક બાજુ છૂટી હોય તો વધુ વળે છે, (૨) પાટીને સપાટ મૂકીને બન્ને બાજુ જડી હોય અને વચ્ચે ભાર મૂકવામાં આવે તો એક બાજુ જડેલી પટી કરતાં ઓછી વળે છે, (૩) પટીને કોડી રાખી વચ્ચે ભાર મૂકવાથી ઘણી જ ઓછી વળે છે, અને (૪) પટી જેમ લાંબી થાય છે તેમ એકસરખું વજન લગાડવાથી વધુ વાંકી વળે છે. આ જ નિયમને આધારે ઘર બાંધ-

વામાં જે લાકડાનો ભારટો ઉપર વજન આવતું હોય તેમને કોડી રાખી જડવામાં આવે છે, એટલે કે ભારટની નાની બાજુ સપાટ રાખી મોટી બાજુ ઊભી રાખવામાં આવે છે. ગાડીના પાટા ઘણુ આ જ કારણથી સાંકડા અને ઊંચાઈમાં વધુ રાખવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૮૩.



ગાડીના પાટા

હાલમાં ઘર બાંધવામાં આકૃતિ (૮૩) માં બતાવ્યા છે તેવા લોખંડના પાટા જ વપરાય છે. એના વચ્ચેના ભાગની પહોળાઈ બહુ ઓછી હોવા છતાં ઊંચાઈ વધુ હોય છે, એટલે પ્રમાણમાં ઘણો ભાર ઝીલી શકે છે.

ઘડિયાળની કમાનને ચાવી આપી ગોળ વીંટાળવાથી સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણથી ઊકલવા માંડે છે અને તેથી ઘડિયાળ લાંબો વખત ચાલુ રહે છે. ભારે ગાડીના ડબ્બા, મોટરગાડી, ઘોડાગાડી વગેરે વાહનો ઘણી ઝડપથી જતાં હોય ત્યારે તેની અંદર ખૂબ આંચકાઓ લાગે છે તેને સમાવી દેવા માટે ઘણી પટીને બાંધીને વાહનને એ પટીની કમાન ઉપર રાખવામાં આવે છે; વાહનને લાગતો ધક્કો એ કમાનમાં સમાઈ જાય છે. દૂર સુધી બાણ અને તીર મારવામાં પણ આ જ ગુણનો ઉપયોગ થાય છે.

૫. હવા સ્થિતિસ્થાપક છે. હવા સ્થિતિસ્થાપક છે. આ બાબત બોઈલના નિયમ વડે સમજાય છે. આ ગુણથી હવાપૂર્ણ ટાયર, તકિયા વગેરેમાં સંકોચેલી હવા પૂરવામાં આવે છે. એ સાધનો ઉપર દબાણ થતાં હવા સંકોચાય છે અને દબાણ દૂર થતાં પછી હવા પોતાનું અસલ કદ પ્રાપ્ત કરે છે. આ ગુણથી જ એવાં ટાયર વાળી મોટરોમાં બહુ આંચકા લાગતા નથી. સંકોચેલી હવાનો ઉપયોગ પણ મુખ્યત્વે આ જ ગુણને આભારી છે.

સાર

૧. કોઈ વસ્તુ ઉપર અમુક હદ સુધીનું બળ કરી તેના આકાર, કદ અથવા લંબાઈમાં ફેરફાર કરવામાં આવે અને પછીથી બળ દૂર કરવામાં આવે તો તે વસ્તુ પોતાનો અસલ આકાર, કદ અને લંબાઈ અમુક પ્રમાણમાં પ્રાપ્ત કરે છે. આ ગુણને સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણ કહેવામાં છે. હવા અને પોલાદ (સ્ટીલ) વધુ સ્થિતિસ્થાપક છે, તાંબું ઓછું સ્થિતિસ્થાપક છે અને રબર તેથી પણ ઓછું સ્થિતિસ્થાપક છે.

૨. સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણને લગતો, પ્રયોગ વડે સાબિત કરેલો, હૂકનો નિયમ નીચે મુજબ છે: "એક વસ્તુ ઉપર લગાડેલાં બળથી તેના આકાર, કદ અથવા લંબાઈમાં થતો ફેરફાર લગાડેલાં બળના પ્રમાણસર જ હોય છે." આ નિયમ કમાનના, પટીના વળાંકના, તથા બૉઈલના પ્રયોગથી સિદ્ધ કરી શકાય છે.

૩. કમાનના સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણનો ઉપયોગ અનેક રીતે થાય છે. કમાનકાંટો સહેલાઈથી તોલ કરવા માટે વપરાય છે. કમાનકાંટા વડે વસ્તુનો ભાર નોંધાય છે. એટલે પૃથ્વી ઉપર જુદેજુદે સ્થળે વસ્તુના ભારમાં વધઘટ થાય તે કમાનકાંટા વડે જ નોંધી શકાય છે. ગાડીના ડબ્બા અથડાય ત્યારે તેના પ્રત્યાઘાતથી રક્ષણ મેળવવા માટે પણ બફર્સમાં કમાનનો ઉપયોગ થાય છે. આપમેળે બંધ થાય તેવા દરવાજા તેમજ યાંત્રિક સાધનોમાં પણ કમાનનો ઉપયોગ થાય છે. હવાપૂર્ણ ટાયરોમાં, સંકોચેલી હવાથી ચાલતાં યંત્રોમાં, દાબપપમાં વગેરે સાધનોમાં હવાનો ઉપયોગ પણ સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણને લીધે જ હોય છે.

૪. લાકડાંની અથવા લોખંડની પટીને થોડી વાળતાં સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણને લીધે તે પાછી અસલ સ્થિતિ ઉપર આવી જાય છે. ઘડિયાળની કમાન, ગાડી, મોટર અથવા ઘોડાગાડીની કમાન આ જ ગુણથી આંચકાને સમાવે છે. આ જ ગુણથી લોખંડના પાટ, લાકડાંના ભારટ વગેરે તેમના ઉપર આવેલો મોટો ભાર ઝીલી શકે છે.

પ્રશ્નો

(૧) સ્થિતિસ્થાપક વસ્તુ કોને કહે છે? દરેક વસ્તુ સ્થિતિસ્થાપક છે કે?

(૨) હૂકનો નિયમ શું પુરવાર કરે છે?

(૩) સ્પ્રીંગનો ત્રાજવાં તરીકે કેમ ઉપયોગ કરશો?

(૪) બફર્સની રચના અને કાર્ય સમજાવો.

(૫) એક પટીને બન્ને છેડે જડી વચ્ચેથી વજન લગાડ્યું હોય તો વધુ ભાર કયી સ્થિતિમાં ઝિલાશે?

(૬) ઘરના ભારટની પહોળાઈ વધુ જોઈએ કે ઊંચાઈ? કારણ શું?

(૭) પટીને વાળવાના પ્રયોગો શું બતાવે છે?

(૮) હવાની સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણના ઉપયોગ ગણાવો.

પ્રકરણ ૯

ગતિ અને સ્થિતિના નિયમો

૧. ન્યુટન. વસ્તુની ગતિ, આકર્ષણ અને સ્થિતિ વગેરે નિયમોનો વ્યવસ્થિત અભ્યાસ ન્યુટને જ શરૂ કર્યો એમ કહી શકાય. જગતના આજ સુધીના સર્વે વૈજ્ઞાનિકોમાં ન્યુટનનું સ્થાન નિરાળું જ છે. વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં એ એક મહાન વિભૂતિ ગણાય છે. તેની સર્વલક્ષી અને સર્વગ્રાહી બુદ્ધિ વડે તેણે વિજ્ઞાનમાં જે ફાળો આપ્યો છે તે અપૂર્વ છે. ખાસ કરીને પદાર્થવિજ્ઞાનમાં, ખગોળવિદ્યામાં અને ગણિતશાસ્ત્રમાં તેણે ઘણો જ ફાળો આપ્યો છે.

ન્યુટન નાનો હતો ત્યારે ખાસ બુદ્ધિમાન લાગતો ન હતો, પરંતુ એકવાર તેના સાથીએ તેને માર્યો, ત્યારે તેનું અપમાન પાછું વાળવા એ કાળજીપૂર્વક અભ્યાસ કરી પ્રથમ નંબરે આવ્યો. ત્યાર પછી તેની બુદ્ધિનો વિકાસ થવા લાગ્યો. નાનાપણુમાં જ તેણે પતંગ ઉડાડવામાં, નાનાંનાનાં યંત્રો બનાવવામાં અને ગણિતના અનેક કોયડા ઉકેલવામાં બહુ જ કુશળતા બતાવવા માંડી. પંદર વર્ષે તેની માએ તેને મિલકતની અને જમીનની વ્યવસ્થા કરવા શાળામાંથી ઉઠાડી લીધો, પરંતુ તેના ગણિતના કાર્યમાં અથવા યંત્ર બનાવવામાં તે એટલો મશગૂલ થઈ જતો કે તેના પાકમાં ઢોર ફરી જતાં તેની પણ તેને ખબર ન રહેતી. આથી તેની માએ તેને પાછો શાળામાં મૂક્યો. શાળામાં અભ્યાસ પૂરો કરી કેમ્બ્રિજની ટ્રિનિટી કૉલેજમાં એ દાખલ થયો. કૉલેજનો અભ્યાસ પૂરો કર્યા પછી તરત જ તે શહેરમાં પ્લેગ ફાટી નીકળવાથી તેને બુલ્સપોર્ટની તેની મિલકત ખાતે જવું પડ્યું. અહીં તેણે ગુરુત્વાકર્ષણનો મહાન અને વિપ્લવકારક નિયમ શોધી કાઢ્યો. એકવાર તેની વાડીમાં બેસી તે એકલો વિચારતો હતો, ત્યારે તેને ઝાડ ઉપરથી

પડતાં ફળ જોઈ ગુરુત્વાકર્ષણના ગૂઢ નિયમ વિષે વિચાર આવ્યો. તેને તરત જ લાગ્યું કે કદાચ આ નિયમ માત્ર પૃથ્વી ઉપર જ નહિ, પરંતુ આખા વિશ્વમાં વ્યાપી રહેલો હોવો જોઈએ, અને આ જ આકર્ષણના આધારે પૃથ્વીની ફરતે ચંદ્ર અને સૂર્યની ફરતે ગ્રહો ફરતા હોવા જોઈએ. આ ઉપરથી તેણે ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ ઘડ્યો અને ગ્રહોની કક્ષા વગેરેની ગણતરી કરી તેમની ગતિનાં માપ કાઢ્યાં. એના સિદ્ધાંત પ્રમાણેની લાંબી ગણતરી ન્યુટન જાતે પૂર્ણ કરી શકયો નહિ, પરંતુ તેના મિત્રે ગણતરી કરી બતાવ્યું કે જે નિયમને આધારે એક વસ્તુ પૃથ્વી ઉપર પડે છે તે જ નિયમને આધારે એક સૂર્ય, ગ્રહમંડળ અને ચંદ્ર એકમેકના આકર્ષણબળે સંયુક્ત રહેલાં છે.

ત્યાર પછી તેણે પ્રકાશના વિજ્ઞાનનો અભ્યાસ પણ શરુ કર્યો. તેણે એક નવીન જાતનું ટેલિસ્કોપ (દૂરબિન) બનાવ્યું. સૌથી પહેલાં પ્રકાશને સાત જુદા રંગમાં ત્રિપાર્શ્વ કાચ (prism) વડે વિભક્ત કર્યો. એક અંધારા ઓરડામાં સૂર્યનો પ્રકાશ દાખલ કરી એક ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર કર્યો એટલે પ્રકાશ સાત રંગમાં વહેંચાઈ ગયો. આવા જ કારણથી સૂર્યના પ્રકાશ વડે મેઘધનુષ દેખાય છે એમ તેણે પુરવાર કર્યું. એ ઉપરાંત સાત જુદા રંગો લઈ એક ચક્ર ઉપર લગાડી તેને જોરથી ફેરવીને બતાવ્યું કે સાતે રંગ એકમેકમાં ભળી જતા દેખાય છે અને એ ચક્ર ધોળું જ લાગે છે. પ્રકાશ અણુરુપ છે, એવો તેનો સિદ્ધાંત વખત જતાં ખોટો ગણાયો, પરંતુ આજે ફરીથી એ જ સિદ્ધાંત પાછો પ્રચલિત થયો છે.

પદાર્થવિજ્ઞાનમાં આજે ગણિતશાસ્ત્રના કેટલાક મૂળભૂત (fundamental) ગણુતા નિયમો તેણે ઘડ્યા. વેગ (velocity), પ્રવેગ (acceleration), બળ (force), કાર્ય (work), વગેરેના એકબીજાની સાથે સંબંધ ધરાવતા ઘણા નિયમો તેણે ઘડી કાઢ્યા.

ગણિતશાસ્ત્રમાં તેણે કલનશાસ્ત્ર (calculus) નામનું નવીન દિશા બતાવતું શાસ્ત્ર રચ્યું, અને તેના વડે આજે અનેક ભૌતિક નિયમોના કાર્યકારણ નિર્માણ કરતાં સમીકરણો (equations) ઘડી શકાય છે, અને ગણિતશાસ્ત્રના અનેક કોયડા સરળતાથી ઉકેલી શકાય છે.

આટલી શોધ કર્યા છતાં તે પોતે માનતો હતો કે જગતના અગાધ જ્ઞાનભંડારની સમસ્યાઓ ઉકેલવામાં તેણે કંઈ વધુ કર્યું નથી, અને સાગરકિનારાની રેતીના વિશાળ કણસમૂહમાંથી માત્ર અક્કેક કાંકરા વીણતા કોઈ બાળકની પેઠે એની શોધ પણ અનંત સત્યના ભંડારમાંથી ગણેલા રેતીના કણો માત્ર છે.

૨. ગતિ (Motion). ગતિ એટલે વસ્તુનું સ્થળાંતર થવું તે. ગતિની સાથે હંમેશાં વખત સામિલ હોય છે; કારણ કે વસ્તુ એક સ્થળેથી બીજે ખસે તેટલું અંતર કાપતાં જેટલો સમય ગયો તે ગતિનું ભાન કરાવે છે; ગતિ અનેક જાતની હોઈ શકે છે. એક ટ્રેન ઊપડે છે ત્યારે તેની ગતિ પ્રથમ ક્રમશઃ (gradually) વધે છે, ત્યાર પછી તે ઘણે ભાગે એકમૂલ્ય (constant) રહે છે; બીજું સ્ટેશન આવતાં પછી ક્રમશઃ અથવા ઉતાવળે ઓછી થાય છે. કેટલીક ગતિમાં ગમે તેમ વધઘટ થાય છે. ગતિને ત્રણ વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવે છે.

(૧) 'એકમૂલ્ય ગતિ' એટલે સરખા વખતમાં એકસરખું અંતર કપાય તેવી ગતિ;

(૨) 'ક્રમશઃ વધતી અથવા ઘટતી' એટલે જેમાં ગતિનો વધારો અથવા ઘટાડો સરખા વખતમાં સરખી રીતે થાય છે; અને

(૩) ગમે તેમ વધઘટ થતી (અનેકમૂલ્ય, variable) ગતિ.

ખાસ કરીને આપણે પ્રથમ બે જાતની ગતિનો અભ્યાસ કરીશું, અને એ જાતની ગતિથી ખસતા પદાર્થો અમુક વખતમાં કેટલું અંતર કાપે છે તે શોધી કાઢીશું.

૩. ઝડપ અને વેગ (Speed and Velocity) નો તફાવત. વિજ્ઞાનમાં ગતિને બે દૃષ્ટિએ જોવામાં આવે છે. એક પદાર્થ દિશાફેર કર્યા વિના એક માર્ગે જાય તેવી ગતિ, તેને વેગ (Velocity) કહેવામાં આવે છે; જ્યારે ગમે તે દિશામાં ખસતા પદાર્થની ગતિને ઝડપ (speed) કહેવામાં આવે છે. એક વસ્તુનો વેગ અમુક છે. એમ કહીએ તો તેની સાથે તે વસ્તુ કયી દિશામાં ખસે છે તેનું સૂચન પણ અવશ્ય હોવું જોઈએ; જ્યારે ઝડપને માટે દિશાસૂચન જરૂરનું નથી. એક વસ્તુની ઝડપ અમુક છે એમ કહેવામાં આવે છે તેનો અર્થ એમ થાય છે તે વસ્તુ ગમે તે દિશામાં ખસે છે. વેગ એમ સૂચવે છે કે વસ્તુ અમુક દિશામાં ખસે છે. માટે જો ગતિમાં ફેરફાર ન થાય છતાં દિશા બદલાય તો ઝડપ કાયમ રહે છે, જ્યારે વેગ બદલાય છે.

એક ગાડી સીધા રસ્તા ઉપર અમુક ગતિથી ખસતી હોય તો તેનો વેગ અથવા ઝડપ કલાકના ૪૦ માઈલ છે એમ કહી શકાશે. જો એ જ ગાડી વાંકાચૂંકા રસ્તા ઉપર એ જ ગતિથી જતી હોય તો એનો વેગ ૪૦ માઈલનો છે એમ કહેવું ખોટું છે, પરંતુ એની ઝડપ ૪૦ માઈલની છે એમ કહેવાય છે.

૪. ગતિ અને અંતર. અમુક વખતમાં કેટલું અંતર કપાય તે જાણવાથી ગતિનું માપ કાઢી શકાય છે. જો ગતિ વત્તીઓછી થાય તો કુલ અંતર અને કુલ વખત ઉપરથી સરેરાશ ગતિ મળશે. જેટલા વખત દરમિયાન ગતિ એકમૂલ્ય રહે તેટલા અંતર માટે ગતિનું એક માપ આવશે. ત્યાર પછીના બીજા અંતર માટે બીજું

ાપ આવશે. આમ વસ્તુ જેટલી જુદીજુદી ગતિથી ખસે તે સર્વ ાલૂમ પડે તેા પણ સરેરાશ ગતિ નીકળશે. જો ગતિ એક જ ાધી લીટીમાં હેાય તેા તેને વેગ કહેવાય છે, અને જો એની દિશા ્દી હેાય તેા એને ઝડપ અથવા ચલિત (variable) વેગ કહેવાય છે.

જો સ (t) સમયમાં અ (D) અંતર કપાયું હેાય તેા

$$\text{વેગ} = \frac{\text{અંતર}}{\text{સમય}}, \quad \text{એટલે વે} = \frac{\text{અ}}{\text{સ}}, \quad V = \frac{D}{t}$$

અંતર સેંટીમિટરમાં માપીએ અને સમય સેકંડમાં માપીએ તેા

$$V = \text{વ} = \frac{\text{સેંટીમિટર}}{\text{સેકંડ}} = \text{સેમિ. દર સેક.} \ (\text{cms. per sec.})$$

મ લખાય.

જો વેગ અને વખત આપ્યેા હેાય તેા,

$$\text{અંતર} = \text{વેગ} \times \text{સમય}, \ \text{અ} = \text{વે} \times \text{સ}, \quad D = V \times t$$

જો વેગ એકમૂલ્ય ન હેાય તેા સરેરાશ વેગ કાઢવેા પડશે.

૫. **વેગના પ્રકાર.** આગળ ગતિના જુદાજુદા પ્રકાર બતાવ્યા. વેગ (એકજ સીધી લીટીમાં ગતિ) ના પણ ત્રણ પ્રકાર ાવી શકાયઃ—

(૧) એકમૂલ્ય વેગ (constant velocity):—એમાં સરખા વખતની અંદર એકસરખું અંતર કપાય છે,

(૨) ચલિત વેગ (variable velocity):—એમાં સરખા વખતમાં ગમે તેટલું અંતર કપાય છે;

(૩) ક્રમશઃ ચલિત વેગ (uniformly varying velocity):— એમાં વેગની એકસરખી રીતે વધઘટ થાય છે.

૬. પ્રવેગ (Acceleration). પ્રવેગ પણ વખત સાથેના વેગના વધારાનો ક્રમ સૂચવે છે; એટલે એક સેકંડમાં વેગનો કેટલો વધારો થાય તે શોધવાથી પ્રવેગનું મૂલ્ય મળશે.

જો V_o શરૂઆતનો વેગ હોય અને t સેકંડ પછીનો વેગ V_t હોય તો

$$\text{વેગમાં વધારો} = V_t - V_o = v$$

આટલો વધારો થવાને લાગેલો સમય = t

એટલે, $$\text{પ્રવેગ } (\text{પ્ર}) = a = \frac{V_t - V_o}{t} = \frac{v}{t}$$

આ ઉપરથી 'પ્રવેગ એટલે વેગના વધવાનો દર' એમ કહી શકાય. **Acceleration is the rate of change of velocity.**

અહીં ખાસ ધ્યાનમાં રાખવાની બાબત એ છે કે વેગનો વધારો પણ વેગ જ હોવાથી અને વેગનો વધારો એક સેકંડ માટે મપાતો હોવાથી પ્રવેગના એકમને 'સેંટીમિટર દર સેકંડ દર સેકંડ' લખાય છે. વધુ સ્પષ્ટતા માટે આપણે તપાસીએ તો માલૂમ પડે છે કે દર સેકંડે વેગ જેટલો વધ્યો તે પ્રવેગ બતાવે છે અને દર સેકંડે જેટલું અંતર કપાય છે તે વેગ બતાવે છે. આથી પ્રવેગ 'સેંટીમિટર દર સેકંડ દર સેકંડ' વડે દર્શાવાય છે. ટૂંકમાં, પ્રવેગ 'સેમિ. દર સેક. દર સેક. અથવા સેમિ/સેક^2 (cms/sec^2)' એમ દર્શાવાય છે. નીચેના ઉદાહરણથી આ વસ્તુ સ્પષ્ટ થશે.

ધારો કે કોઈ વસ્તુનો વેગ ૧૨ સેમિ/સેક. અને ૫ સેકંડ પછી વેગ ૨૫ સેમિ/સેક હોય તો તેના વેગનો વધારો ૧૦ સેમિ./સેક. થયો.'

$$\text{હવે પ્રવેગ} = \frac{\text{વેગનો વધારો}}{\text{સમય}}, \quad \text{એટલે પ્રવેગ} = \frac{\text{૧૦ (સેમિ /સેક.)}}{\text{૫ (સેક)}}$$

$$= \frac{\text{(સેમિ /સેક)}}{\text{(સેકં.)}} = \text{૨ (સેમિ /સેક.}^{\text{૨}}\text{) થયો.}$$

કેટલીક વાર વેગમાં વધારાને બદલે ક્રમશઃ ઘટાડો પણ ાય છે, એટલે તેને પણ પ્રવેગ તરીકે જ લેખવામાં આવે છે. રંતુ સ્પષ્ટતા માટે વેગના ઘટાડાને પ્રતિવેગ (retardation) હેવામાં આવે છે. ફેર માત્ર એટલો કે પ્રતિવેગ વેગનો ઘટાડો સૂચવે છે; જ્યારે પ્રવેગ એ વધારો કે ઘટાડો બન્ને સૂચવે છે.

૭. **પૃથ્વી ઉપર દરેક પદાર્થ સરખા વેગથી પડે છે.** ને એક પથ્થરને અમુક ઊંચાઈએથી પડવા દઈએ તે તેના પડવાનો વેગ ઉત્તરોત્તર વધતો જશે. તેના વેગનો વધારો ક્રમશઃ થાય છે એટલે તેનો વેગ "પ્રવેગી વેગ" (accelerated velocity) કહેવાય છે.

બરોબર પ્રયોગ કરી જોઈશું તો માલૂમ પડશે કે પડતા પદાર્થની ગતિ દર સેકંડે નિયમિત રીતે વધે છે; એ પદાર્થ પછી ગમે તેવી જાતનો હોય અને ગમે તે વસ્તુનો હોય. દરેક વસ્તુને એકસરખો પ્રવેગ લાગે છે એમ નિયમરૂપે કહી શકાય. એવું માલૂમ પડે છે કે દરેક પદાર્થના વેગમાં દર સેકંડે ૩૨ ફૂટ અથવા ૯૮૦ સેંટીમિટરનો દરે વધારો થાય છે. આગળના પ્રકરણમાં કહેવામાં આવ્યું હતું તેમ આ વેગનો વધારો દરેક પદાર્થને માટે સરખો છે, એટલે હવાના અવરોધને બાદ કરતાં અમુક ઊંચાઈએથી ભારે અથવા હલકા પદાર્થને એકીસાથે પડવા દઈએ તો નીચે પડવાને બન્નેને સરખો સમય લાગશે. આ સિદ્ધાંત પ્રથમ ગેલિલિયોએ પીસાના નમતા મિનારા પરથી બે વજન ફેંકીને પ્રયોગથી સાબિત કર્યો. તે પહેલાં ઍરિસ્ટૉટલના મત પ્રમાણે

ભારે પદાર્થ વધુ ઝડપે પડે છે એમ લોકો માનતા હતા. અમુક સમયમાં પડતો પદાર્થ કેટલું અંતર કાપશે તે નીચે જણાવ્યું છે.

૮. પડતા પદાર્થનો વેગ, અંતર, અને સમયનો સંબંધ. ક્રમશઃ (uniformly) અથવા ધીમેધીમે વધતા વેગનો સરેરાશ વેગ કાઢવો હોય તો શરુઆતના અને અંતના વેગનું મધ્યમાન (mean) લેવું. હવે સામાન્ય માપ કાઢવા માટે આપણે પડતા પદાર્થોના પ્રવેગને ग (g) વડે દર્શાવીશું અને જ્યાં જ્યાં પ્રવેગ ग (g) વડે દર્શાવાય ત્યાં ग (g) નું મૂલ્ય ૩૨ ફૂટ/સેક.[૨] અથવા ૯૮૦ સેમિ /સેક.[૨] છે એમ માનવું.

પતન થતા પદાર્થનો શરુઆતનો વેગ = ૦

એક સેકંડ પછી વેગ = ૧ × ग = $1 \times g$

બે સેકંડ પછી વેગ = ૨ × ग = $2 \times g$

ત્રણ સેકંડ પછી વેગ = ૩ × ग = $3 \times g$

स (t) સેકંડ પછી વેગ = स × ग = $t \times g$

એટલે स (t) સેકંડ સુધીનો સરેરાશ વેગ $= \dfrac{\text{શરુઆતનો વેગ + છેવટનો વેગ}}{૨}$

$$= \frac{0 + (\text{स} \times \text{ग})}{૨} = \tfrac{૧}{૨}\,(\text{स} \times \text{ग})$$

$$= \frac{0 + t \times g}{૨} = \tfrac{1}{2}\, g\, t$$

કુલ અંતર = સરેરાશ વેગ × કુલ સમય

$$\text{अ} = \tfrac{૧}{૨}\,(\text{स} \times \text{ग}) \times \text{स}$$

$$\text{अ} = \tfrac{૧}{૨}\,\text{ग}\,\text{स}^{૨}$$

$$D = \tfrac{1}{2}\, g\, t^2$$

એટલે કપાયેલું અંતર = ½ × (પ્રવેગ) × (સમય)[૨]

Distance = ½ × (acceleration) × (time)²

સ્થિર પદાર્થ પડવા માંડે તેના વેગ અને અંતર દર્શાવતો કોઠો

સમય	વેગ		કુલ કપાયેલું અંતર	
સેકંડમાં secs.	ફૂ./સેક. ft./sec.	સેમિ /સેક. cms./sec.	feet	cms.
0	0	0	0	0
૧	૩૨	૯૮૦	૧૬	૪૯૦
૨	૬૪	૧૯૬૦	૬૪	૧,૯૬૦
૩	૯૬	૨૯૪૦	૧૪૪	૪,૪૧૦
૪	૧૨૮	૩૯૨૦	૨૫૬	૭,૮૪૦
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
t	૩૨ ×t	૯૮૦×t	$૧૬ \times t^{2}$	$૪૯૦ \times t^{2}$

આ ઉપરથી જોઈ શકશે કે

દશ સેકંડ પછી કપાયેલું કુલ અંતર = $\frac{1}{2} \times ૩૨ \times ૧૦^{૨}$
= ૧૬૦૦ ફૂટ

અને એક મિનિટ પછી કપાયેલું કુલ અંતર = $\frac{1}{2} \times ૩૨ \times ૬૦^{૨}$
= ૧૬ × ૩૬૦૦
= ૫૭૬૦૦ ફૂટ
= ૧૨ માઈલ લગભગ

પૃથ્વી તરફ આકર્ષાઈ આવતા કેટલાક ખરતા તારા આકાશમાં આ પ્રકારના વેગથી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર પડે છે. તેનો વેગ કેટલો પ્રચંડ હોય છે એ હવે સમજાશે.

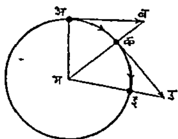
એક મિનિટ પછીનો વેગ = સ ગ
= ૬૦ × ૩૨
= ૧૯૨૦ ફૂટ/સેકંડ
= કલાકના ૧૩૦૦ માઈલ

પંદર મિનિટ પછીનો વેગ = ૯૦૦ × ૩૨
= ૨૮૮૦૦ ફૂટ/સેકંડ
= કલાકના ૧૯૫૦૦ માઈલ

આટલી પ્રચંડ ગતિ થાય તે પહેલાં નાના ખરતા તારા (ઉલ્કા) ઉપર હવાનો એટલો અવરોધ ઉત્પન્ન થાય છે કે તેમાંથી ઉદ્‌ભવતી ગરમીને લીધે એ ઉલ્કાઓ જમીનની સપાટીએ પહોંચે તે પહેલાં તો ભસ્મીભૂત થઈ અદશ્ય થાય છે. આવી રીતે ઉષ્ણ થઈને ભસ્મ થતાં ઉલ્કા રાત્રે કેટલાયે જોવાના મળે છે, અને ખરુંખરું તે એકદમ પ્રકાશિત થઈને અદશ્ય થતા દેખાય છે.

૯. વર્તુલ ગતિ (Circular Motion). ધારો કે એક વસ્તુ એકસરખા વેગથી अ થી ब સુધી અમુક સમયમાં જાય છે (આકૃતિ ૮૪), પરતુ તેટલા જ સમયમાં કોઈ બળને લીધે ब થી क સુધી પાછી ખેંચાઈ આવે છે; અને વળી જ્યાં क થી ड સુધી પહોંચે તેટલા સમયમાં ड થી इ સુધી ખેંચાઈ આવે છે. હવે જો अ क इ ત્રણે બિંદુ કેન્દ્ર म થી એકસરખા અંતરે હોય તો એ વસ્તુ એકસરખી ઝડપે વર્તુલમાં ફરતી થઈ જશે. વર્તુલ ગતિનો સિદ્ધાંત છે કે જ્યાં સુધી એક વસ્તુ ઉપર મધ્ય તરફ કોઈ બળ લાગતું હોય ત્યાં સુધી તેની ગતિ અમુક કક્ષાના વર્તુલમાં રહે છે. દરેક વસ્તુ હમેશાં સીધી લીટીમાં ગતિ કરવા પ્રેરાય છે, છતાં કેન્દ્રગામી (centripetal) બળ તેના ઉપર લાગતું હોય એટલે વસ્તુ સ્પર્શરેખા (tangent) ની દિશામાં ફરતી થાય છે અને તેથી અંતે વર્તુલમાં ફરે છે. આ જ કારણથી પૃથ્વીની ફરતે ચંદ્ર ફરતો રહે છે. ઉપરની આકૃતિ (૪૮) માં अ આગળ ચંદ્ર હોય અને म આગળ પૃથ્વી હોય તો ચંદ્ર अ થી ब સુધી

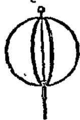
આકૃતિ ૮૪.



જાય તેટલામાં પૃથ્વીનું આકર્ષણ તેને ज થી क સુધી ખેંચી જાય છે. વળી ચંદ્ર क થી ड સુધી જાય તેટલામાં ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ તેને ड થી इ સુધી પાછું ખેંચી લાવે છે. મધ્યનું બળ જો બંધ પડી જાય તો પદાર્થ તે બિંદુથી સ્પર્શરેખાની (tangent) દિશામાં ચાલ્યો જાય છે. એક ગોફણથી ગોળો ફેરવવામાં આવે અને દોરીને છોડવામાં આવે તો તે ત્યાંથી સ્પર્શરેખાની દિશામાં સીધી લીટીમાં ચાલ્યો જાય છે. વર્તુલમાં ફરતો દરેક પદાર્થ મધ્યથી દૂર જવા પ્રયત્ન કરે છે. આ જ કારણથી એક લોટામાં પાણી ભરીને જોરથી ફેરવવામાં આવે તો તેમાંનું પાણી ઢોળાઈ જતું નથી.

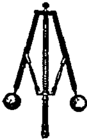
૧૦. કેન્દ્રત્યાગી (Centrifugal) અને કેન્દ્રગામી (Centripetal) બળો. કોઈ પણ વસ્તુને ચક્રગતિમાં ફેરવવામાં આવે તો તે વસ્તુ અમુક બળથી મધ્યથી દૂર જવાનો પ્રયત્ન કરે છે. એટલે જો કેન્દ્રગામી બળ તેના ઉપરથી લઈ લેવામાં આવે તો એ વસ્તુ દૂર ફેંકાઈ જાય છે. એવી ચક્રાકાર ફરતી વસ્તુને કેન્દ્રથી દૂર ફેંકવાનો પ્રયત્ન કરતાં બળને કેન્દ્રત્યાગી બળ (centrifugal force) કહેવામાં આવે છે. વર્તુલમાં ફરતી દરેક વસ્તુ ઉપર કેન્દ્રત્યાગી (કેન્દ્રથી દૂર જતું) બળ લાગે છે અને જો મધ્ય તરફ તેટલું જ કેન્દ્રગામી બળ ન લાગતું હોય તો તે વસ્તુ કેન્દ્રથી દૂર ચાલી જાય છે.

આકૃતિ ૮૫.



કેન્દ્રત્યાગી બળ દર્શાવતા પ્રયોગો:—(૧) આકૃતિ (૮૫) માં એક સળિયા ઉપર બેવડ વળી શકે તેવી લોખંડની ગોળાકાર પટીને ઉપર નીચે ભેરવેલી છે. એ સળિયાને ખૂબ ઝડપથી ચક્રાકાર ફેરવવામાં આવે તો એ પટીની વચ્ચેનો ભાગ દૂર જતા રહેવાનો યત્ન કરવાથી લંબગોળરૂપે રહેલી પટીનો મધ્યભાગ દૂર જાય છે અને તેથી વચ્ચેનો ભાગ ઘણો ઊપસી આવશે. જેમજેમ

આકૃતિ ૮૬.

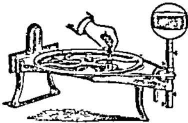


નિયામક
(governor)

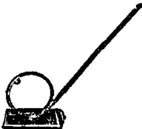
ચક્રગતિ વધુ ને વધુ થતી જશે તેમતેમ વચ્ચેનો ભાગ વધુ ને વધુ પહોળો થતો જશે અને પટીના સળિયામાં બેરવેલા છેડા નજીક આવશે. આવા જ કારણથી પૃથ્વીની ચક્રગતિને લીધે જ વિષુવવૃત્તની સપાટી વધુ ઊપસેલી હોય છે, અને ધ્રુવની દિશામાં ચપટી છે.

(૨) આકૃતિ (૮૬) માં વરાળયંત્ર માટે ઉપયોગમાં આવતો નિયામક (governor) બતાવવામાં આવ્યો છે. એ નિયામકના વચ્ચેના સળિયાની ટોચ ઉપર બે સળિયા વડે બે વજન લટકાવેલાં છે. એ સળિયો ગોળ ફરવા માંડે એટલે વજનવાળા ગોળા મધ્યમાંથી દૂર જવાનો યત્ન કરે છે અને તેથી એકમેકથી દૂર જાય છે. આમ બન્ને ગોળા દૂર જવાથી વચમાં જડેલી કમાન જે ગોળાની સાથે જોડાયેલી હોય છે તે ઊંચે ચઢે છે. એ કમાનની સાથે વરાળયંત્રનો વાલ્વ જોડેલો છે. એ વાલ્વ ગતિના પ્રમાણમાં વત્તોઓછો ઊઘડી યંત્રમાં જોઈતી વરાળ દાખલ કરે છે અને તેથી યંત્રની ગતિને ગમે તે મૂલ્યે નિયમિત કરી શકાય છે.

આકૃતિ ૮૭.



*આકૃતિ ૮૮.



(૩) આકૃતિ (૮૭) માં એક ચક્રાકાર ફરતો કાચનો ગોળો રાખવામાં આવ્યો છે. તેમાં પાણી રાખવામાં આવ્યું છે. ગોળાની ચક્રાકાર ગતિ વધતિ જાય તેમ એ પાણી ઊંચે ચઢી ગોળાના મધ્યમાં વીંટીની પેઠે ફરતું થઈ જાય છે.

(૪) આકૃતિ (૮૮) માં એક અર્ધનળીને ગોળ વળેલી દેખાડવામાં આવી છે. એ

નળીની ટોચ ઉપર એક ગોળી મૂકવામાં આવે તો તે ઘણી ગતિથી નળી વાટે નીચે ઊતરે છે અને આખુ વર્તુલાકાર ચક્ર ફરી વળે છે. એ ગોળી આકૃતિમાં બતાવેલી સ્થિતિમાં ગતિ કરે છે છતાં નીચે પડતી નથી; કારણ કે એના ઉપર કેન્દ્રગામી બળ કામ કરતું હોય છે આવી જ જાતના પ્રયોગો સરકસનો ખેલાડી ઘણી ગતિથી ચાલતી મોટર કે મોટરસાઇકલ વડે કરે છે.

૧૧. વેગનો સમાસ (**Composition of Velocities**). ઘણી વખત એક જ વસ્તુને એકસામટી બે ગતિ લાગે છે ત્યારે તેની અસર કેવી થાય છે એ તપાસીએ. એક વસ્તુને બે વેગ એક દિશામાં લાગતા હોય, તો એને લીધે વસ્તુને લાગતો કુલ વેગ બન્ને વેગના સરવાળા જેટલો થશે. જો એ બન્ને વેગની દિશા સામસામી હોય તો કુલ વેગ બે વેગની બાદબાકી જેટલો થશે એક ચાલતાં વહાણ ઉપર તેની ગતિની દિશામાં જ એક માણસ અમુક વેગથી ચાલતો હોય તો તેનો કુલ વેગ વહાણના વેગનો અને માણસના વેગનો સરવાળો કરવાથી મળે છે. જો માણસ વહાણની ગતિથી ઊલટી દિશામાં ચાલે તો તેનો કુલ વેગ બન્નેના વેગનો તફાવત લેવાથી મળશે. આ ઉપરથી નીચેનો નિયમ ઘડી શકાય છેઃ—

એક સીધી લીટીમાં એક જ વસ્તુને લાગતા ઘણા વેગનો સમાસવેગ (resultant velocity) બધા વેગના બૈજિક (algebraic) સરવાળા જેટલો થાય છે.

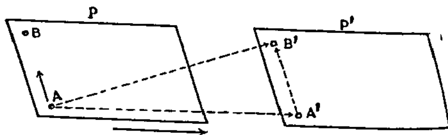
(વેગનો સરવાળો કરતી વખતે સામસામા વેગની બાદબાકી કરવી અને એક જ દિશામાં હોય તો વેગનો સરવાળો કરવો)

જો બે વેગ જુદીજુદી દિશામાં લાગુ પડતા હોય તો તેનો સમાસવેગ નીચે પ્રમાણે કાઢી શકાય છે.

ધારો કે એક માણસ એક ગાડીના ડબ્બા (P) માં એક બાજુ A થી સામી બાજુ B તરફ જાય છે અને ગાડી અમુક

વેગથી તીરથી બતાવેલી દિશામાં દોડે છે. આકૃતિ (૮૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે માલૂમ પડશે કે જેટલા સમયમાં માણસ A થી

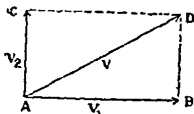
આકૃતિ ૮૯.



B જાય છે તેટલા જ સમયમાં ગાડીનો આખો ડબ્બો P થી ખસીને P' સુધી પહોંચે છે. એટલે માણસ A થી B પહોંચતો નથી તેમ A થી A' પણ નથી પહોંચતો; પરંતુ ગાડીના અને તેના એકસામટા બે વેગને લીધે માણસ A થી B' જાય છે. એક નદીના પ્રવાહમાં સામે કાંઠે હોડી લઈ જવી હોય તો પણ આ જ રીતે હોડીની ઉપર બે વેગ અસર કરે છે; એક સામે કાંઠે જવાનો હોડીનો વેગ અને બીજો નદીના પ્રવાહનો વેગ. આથી ઉપલી આકૃતિ (૮૯) માં હોડી A થી B તરફ અમુક વેગથી જતી હોય અને નદીના પાણીનો પ્રવાહ A થી A' તરફ અમુક વેગથી જતો હોય તો હોડી A થી B જવાને બદલે A થી B' તરફ જશે.

૧૨. સમાસવેગ (**Resultant Velocity**). આ રીતે એક વસ્તુને બે વેગ અસર કરે છે ત્યારે બન્ને વેગની સામટી અસરથી જે વેગ આવે છે તેને સમાસવેગ (resultant velocity) કહેવામાં આવે છે. સમાસવેગ શોધવા માટે નીચેનો નિયમ વપરાય છે. આકૃતિ (૮૯ 'अ') માં બતાવ્યા મુજબ એક વસ્તુને A B અને A C થી દર્શાવેલા (દિશામાં અને મૂલ્યમાં) V_1 અને V_2

આકૃતિ ૮૯. (અ)



એમ બે વેગ લાગે છે. (એટલે કે બંને વેગ A B અને A C લીટીની લંબાઈના પ્રમાણુસર છે અને તેમની દિશા A B અને A C છે). એ બે બાજુની ઉપર સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ બનાવીએ તેા તેને કર્ણ (diagonal) A D સમાસવેગ (resultant velocity) V ને દિશામાં અને મૂલ્યમાં દર્શાવે છે. આકૃતિ (૮૯ अ) માં લીટીની લંબાઈ વેગનું માપ બતાવે છે અને તીર વેગની દિશા બતાવે છે.

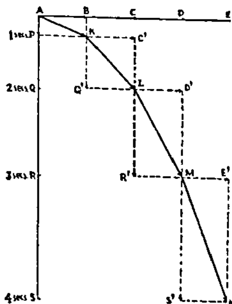
પડતા પદાર્થ ઉપર સમાસવેગ કેવી રીતે લાગુ પડે છે તે પણ તપાસવું અગત્યનું છે. જો એક પથ્થરને અમુક વેગથી શિરોલંબ (vertical) ઊંચે ફેંકીશું તેા તેને વેગ પૃથ્વીના બળને લીધે લાગતા પ્રતિવેગ (retardation) થી ધીમે ધીમે ઓછો થતેા જશે. ઉપર જવાને વેગ દરેક ક્ષણે ઘટતેા જાય છે, અને છેવટે ઉપલેા વેગ અને નીચેનેા પ્રતિવેગ સરખા થતાં એ પથ્થરનેા સમાસવેગ શૂન્ય થશે. એટલી ઊંચાઈએથી પથ્થર પાછો નીચે પડવા લાગે છે. નીચે પડતી વખતે એના ઉપર પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે પ્રવેગ (acceleration) લાગુ પડે છે અને માત્ર એક જ દિશામાં વેગ લાગે છે. ઊંચે ચઢતાં એનેા વેગ જે દરે ઓછો થયેા તે જ દરે એ વેગ નીચે પડતી વખતે વધે છે. એટલે એક વસ્તુને જેટલી ઝડપથી આપણે ઊંચે ફેંકીએ તેટલી જ ઝડપથી તે પાછી નીચે પડે છે.

હવે ધારેા કે બૉમ્બના ગેાળાને ક્ષિતિજસમસૂત્ર (horizontal) દિશામાં ઊડતાં વિમાનમાંથી ઘણી ઊંચાઈએથી ફેંકીએ તેા તેને બે વેગ લાગુ પડશેઃ (૧) ક્ષિતિજસમસૂત્ર વેગ (horizo

velocity) અને (૨) પ્રવેગી (accelerated) શિરોલંબ (vertical) દિશાનો વેગ. ક્ષિતિજસમસૂત્ર વેગ એકસરખો રહે છે અને શિરોલંબ વેગ વધતો જાય છે.

આકૃતિ (૯૦) ઉપરથી એ બન્ને વેગની બૉમ્બ ઉપર કેવી અસર થાય છે તે સમજાશે. ધારો કે એ બૉમ્બ A થી B તરફ સેકંડના ૪૦ ફૂટની ઝડપે ફેંકાયો તો દરેક સેકંડમાં (જો બીજો અવરોધ ન નડે તો) એ AB, BC, CD, DE જેટલાં ૪૦ ફૂટનાં એકસરખાં અંતર કાપશે. પરંતુ એને પૃથ્વીના બળથી શિરોલંબ (AS દિશામાં) પ્રવેગ લાગે છે. જો સમસૂત્ર વેગ ન હોય તો એ પ્રવેગને લીધે વસ્તુ નીચે પડશે અને એક સેકંડમાં AP = ૧૬ ફૂટ, બીજી સેકંડમાં PQ = ૪૮ ફૂટ, ત્રીજી સેકંડમાં QR = ૮૦ ફૂટ, ચોથી સેકંડમાં RS = ૧૧૨ ફૂટ જેટલાં અંતર કાપશે. હવે આ બન્ને વેગની સામટી અસરથી એ વસ્તુ A થી B જાય તેટલામાં A થી P જેટલી નીચે આવે છે એટલે પરિણામે એક સેકંડ પછી K આગળ આવશે. એ જ પ્રમાણે બીજી સેકંડમાં KC' અને KQ'

આકૃતિ ૯૦



જેટલું અંતર કાપવાથી એ L સુધી આવશે. ત્રીજી સેકંડમાં L D' અને L R' જેટલું અંતર કાપવાથી M આગળ પહોંચશે. અને છેવટે N આગળ પહોંચશે. A, K, L, M, અને N ને જોડતાં જે માર્ગ આવે છે તે માર્ગે એ વસ્તુ નીચે આવશે, અને N આગળ પૃથ્વીની સપાટી હોય તો S N જેટલે આગળ જઈને પડશે.

આ જ નિયમને આધારે જ્યારે હવામાં અમુક વેગથી સમસૂત્ર દિશામાં A B તરફ ઊડતાં વિમાનમાંથી એક બૉમ્બ A આગળથી નીચે ફેંકવામાં આવે તો તે S આગળ પડતો નથી. બૉમ્બ વિમાનની સાથે A B દિશામાં તે જ વેગથી ગતિ કરે છે. આથી બૉમ્બ ઉપર સમસૂત્ર વેગ તેમજ નીચે પડવાનો શિરોલંબ વેગ સાથે અસર કરે છે. આથી બૉમ્બ એ બે વેગના સમાસવેગની A K દિશામાં પડે છે. આથી કોઈ પણ જગ્યાએ બૉમ્બ ફેંકવો હોય તો બરાબર તે જગ્યાની ઉપરથી ન ફેંકતાં વિમાનના વેગને ધ્યાનમાં લઈને જરા આગળથી ફેંકવો પડે છે.

સાર

૧. વસ્તુની સ્થિતિ અને ગતિ વગેરેના નિયમોનો વ્યવસ્થિત અભ્યાસ કરનાર ન્યુટન હતો. તેણે ભૌતિકશાસ્ત્ર, ગણિતશાસ્ત્ર, અને ખગોળશાસ્ત્રની અંદર અનેક શોધખોળો કરી હતી. સફેદ રંગને સાત રંગમાં વિભક્ત કરનાર ન્યુટન હતો. ગુરુત્વાકર્ષણનો મહાન નિયમ પણ તેણે શોધ્યો અને તેના વડે આકાશી પદાર્થોની ગતિને સમજાવી શક્યો. કલનશાસ્ત્રનો ઉત્પાદક તે હતો.

૨. ગતિ એકમૂલ્ય અને વધઘટ થાય તેવી હોય છે. ઝડપ (speed) અને વેગ (velocity) પણ ગતિના બે પ્રકાર છે. પદાર્થ ગમે તે દિશામાં એકસરખી ગતિથી પણ ગમે તે દિશામાં ખસતો હોય તો તે ગતિને આપણે તેની ઝડપ કહીએ છીએ. વેગ અમુક નિશ્ચિત દિશા સૂચવે છે, એટલે એક જ દિશામાં જ્યારે ઝડપ સરખી હોય ત્યારે જ વેગ એકમૂલ્ય (constant) કહેવાય છે. દિશા બદલાય તો વેગ પણ બદલાયો કહેવાય છે.

૩. અમુક દિશામાં પદાર્થ એક સેકંડમાં જેટલું અંતર ખસે તેને વેગ કહેવામાં આવે છે. વેગ એકમૂલ્ય ન હોય તો તેને ચલિત અથવા પ્રવેગી વેગ કહેવામાં આવે છે. એક સેકંડમાં વેગમાં જે વધારો થાય તેને પ્રવેગ (acceleration) કહેવામાં આવે છે. વેગ ઓછો થતો હોય તો એક સેકંડમાં વેગનો જે ઘટાડો થાય તેને પ્રતિવેગ (retardation) કહેવામાં આવે છે.

૪. પૃથ્વી ઉપર પદાર્થોને ગુરુત્વાકર્ષણ લાગે છે એટલે એ પદાર્થો નીચે પડે ત્યારે તેમની ગતિને પ્રવેગ લાગુ પડે છે. નીચે પડતા દરેક પદાર્થનો વેગ સેકંડમાં ૯૮૦ સેમિ./સેક. જેટલો અથવા ૩૨ ફૂટ/સેક. જેટલો વધે છે. ઉંચે ફેંકેલા પદાર્થના વેગમાં એ જ દરે ઘટાડો થાય છે. સ્થિર પદાર્થ નીચે પડવા લાગે તો અમુક સમયમાં કેટલું અંતર કાપે છે, તે નીચેના સમીકરણથી મળે છે.

$D = \frac{1}{2} gt^2$; જેમાં D = અંતર, g = ગુરુત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ અને t = સમય

૫. બે કાટખૂણુ ગતિને જોડવાથી વર્તુલગતિ મળી શકે છે. વર્તુલગતિમાં ફરતા પદાર્થો ઉપર કેન્દ્રત્યાગી (centrifugal) બળ લાગુ પડે છે. આથી જ વર્તુલ ગતિથી ફરતા પદાર્થો કેન્દ્રથી દૂર ફેંકાઈ જવાનો પ્રયત્ન કરે છે. ગોફણમાંથી છૂટેલો ગોળો, વરાળયંત્રનો નિયામક, વગેરે અનેક દૃષ્ટાંતો આ બળની ખાતરી કરાવે છે. વર્તુલગતિમાં ફરતી વસ્તુને બહાર ફેંકાઈ જતી અટકાવવા માટે જે બળ વાપરવું પડે છે તેને કેન્દ્રગામી (centripetal) બળ કહેવામાં આવે છે.

૬. એક જ દિશામાં થતાં એક વસ્તુના વેગોનો સરવાળો કરવાથી સમાસવેગ (resultant velocity) મળે છે. સામસામી દિશામાં લાગતાં વેગની બાદબાકી કરવાથી સમાસવેગ મળે છે. બે વેગ ત્રાંસા લાગુ પડે તો તેનો સમાસવેગ તે બે વેગની વચ્ચે લાગુ પડે છે. બે વેગના પ્રમાણસર બે બાજુઓ દોરીએ અને તેના ઉપર એક સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ રચીએ તો વેગના બિંદુથી જે કર્ણ આવે તે સમાસવેગ અથવા પરિણામવેગ (resultant velocity) દર્શાવે છે. એ જ પ્રમાણે સાદા વેગ અને પ્રવેગી વેગનો પણ સમાસ (composition) થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) વેગ (velocity) અને ઝડપ (speed) નો ફેર સમજાવો.

(૨) વેગ અને અંતરનો સંબંધ બતાવો. સરેરાશ વેગ કેમ શોધવો ?

(૩) પ્રવેગ આપ્યો હોય તો અમુક વખત પછી કેટલો વેગ થશે ?

(૪) પતન થતા પદાર્થના નિયમનું ટૂંકમાં વર્ણન કરો. એ પથ્થરને ૧૬૦૦ ફૂટ ઊંચાઈથી નીચે ફેંક્યો તો એ જમીન ઉપર ક્યારે પહોંચશે ?

(૫) ગેલિલિયોના પીસાના ટાવરના પ્રયોગે શું સાબિત કર્યું ?

(૬) સ્થિર પદાર્થ પડવા લાગે તો એક સેકંડમાં કેટલું અંતર કાપશે ?

(૭) સમાસવેગ (resultant velocity) કાઢવાનો નિયમ આપો.

(૮) પ્રવેગ (acceleration) અને પ્રતિવેગ (retardation) કોને કહે છે ? દરેકનાં દૃષ્ટાંત આપો

(૯) એક પથ્થરને ૨૫૬ ફૂટ/સેક. ના વેગથી ઊંચે ફેંકવામાં આવે તો એનો વેગ શૂન્ય ક્યારે થશે ? પથ્થર કેટલી ઊંચાઈએ પહોંચશે ?

(૧૦) એરોપ્લેનમાથી એક બોમ્બને અમુક જગ્યાએ નીચે ફેંકવો હોય તો તે જગ્યાની ઉપર એરોપ્લેન આવે તે પહેલાં એ બોમ્બને નાંખવામાં આવે છે. કારણ શું ?

પ્રકરણ ૧૦

બળ, કાર્ય, અને શક્તિ

Force, Work, and Energy

૧. બળ (Force). જેના વડે આપણા શરીરનાં સ્નાયુઓને શ્રમ પહોંચે છે અથવા ખેંચાણ થાય છે તેને સાધારણ રીતે બળ કહેવામાં આવે છે. દૃષ્ટાંત તરીકે, આપણા હાથ ઉપર મોટો પથ્થર મૂકીએ તો આપણને તેનો ભાર લાગે છે અને તેને નીચે પડતો અટકાવવામાં આપણા સ્નાયુઓને શ્રમ પહોંચે છે. એટલે કે પથ્થર નીચે બળ કરે છે એમ આપણે કહીએ છીએ. જે સ્થિર વસ્તુ ઉપર બળ લાગે છે તે વસ્તુ ઘણેભાગે ખસે છે અથવા ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે. જેના ઉપર ઘણું બળ લાગે તે વસ્તુ ખસે છે, અને ઓછું બળ લાગે તો તે માત્ર ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે. વળી જો ખસતી વસ્તુની સામે બળ લગાડવામાં આવે તો તે વસ્તુ ક્યાં તો સ્થિર થઈ જાય છે અથવા સ્થિર થવાનો પ્રયત્ન રે છે અથવા તો સામી દિશામાં ગતિ કરે છે.

જે વસ્તુ સ્થિર હોય તે બળ લાગતાં ખસે છે અથવા ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે; જે વસ્તુ ગતિમાન હોય છે તેના વેગમાં ફેર પડે છે. કેટલીક વાર બળને લીધે ઝડપમાં ફેર પડતો નથી, પરંતુ માત્ર દિશાફેર થાય છે. પરંતુ આપણે જોયું કે અમુક વસ્તુની ગતિ અથવા ગતિની દિશા બદલાય એટલે વસ્તુનો વેગ બદલાય છે. એટલે બળની ચોક્કસ વ્યાખ્યા આપણે નીચે પ્રમાણે આપી શકીએ.

બળની વ્યાખ્યા:—

"જેને લીધે સ્થિર વસ્તુ ખસે છે કે ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે, અથવા ગતિમાન વસ્તુના વેગમાં ફેર પડે છે અથવા તેવો પ્રયત્ન થાય છે, તેને બળ કહેવામાં આવે છે."

૨. બળ, વજન, અને વેગનો સંબંધ (**Relation between Force, Mass, and Velocity**). ઉપરની વ્યાખ્યા ઉપરથી માલૂમ પડશે કે બળ અને વેગને અરસપરસ સંબંધ છે. જો ઝીણવટથી તપાસીશું તો જણાશે કે બળ અને વજનને પણ કંઈક સંબંધ છે. ટૂંકમા કહીએ તો, એક વસ્તુ ઉપર લાગતાં બળને વસ્તુનાં વજનને અને તેના વેગમાં તથા ફેરફારને કંઈક સંબધ હોય છે.

અમુક બળથી એક સ્થિર દડાને ફટકો લગાવીએ તો તે અમુક વેગથી ખસવા લાગશે. એ જ બળથી બીજા તેવડા જ પણ વજનમાં ભારે દડાને ફટકો મારીએ તો માલૂમ પડશે કે તે દડો ઓછા વેગથી ખસે છે. એક ગબડતા હલકા દડાને ફટકો લાગવાથી તેના વેગમાં વધારો થાય છે, પરતુ જો એ જ ફટકો ગબડતા ભારે દડાને લાગે તો વેગમાં ઓછો ફેર પડશે. આ ઉપરથી અનુમાન નીકળે છે કે એક જ બળથી થતો વસ્તુના વેગનો ફેરફાર વસ્તુનાં વજનથી વ્યુત્ક્રમ (ઊલટા) પ્રમાણમાં થાય છે. એક જ વસ્તુ ઉપર વત્તુંઓછું બળ લગાડીએ તો માલૂમ પડે છે કે વેગમાં થતા ફેરફારની વધઘટ બળના પ્રમાણસર થાય છે. એ. સિવાય બળને લાંબો વખત સુધી લગાડી રાખીએ તો વસ્તુના વેગનો ફેરફાર વધારે થશે. એ જ બળ ઓછો વખત લગાડીએ તો વેગનો ફેરફાર પ્રમાણમાં ઓછો થશે. આ ઉપરથી બીજું અનુમાન એ નીકળે છે કે વેગનો ફેરફાર જેટલો સમય બળ લાગે તેના પ્રમાણસર થાય છે. આ હકીકત સાદી રીતે દર્શાવીએ તો

(દા. ત. એક ૫૦ ગ્રામ વજનની બંદૂકની ગોળી સેકંડના ૫૦ ફૂટની ઝડપે જતી હોય તો તેનો વજનવેગ ૨૫૦૦ ગ્રા. ફૂ./સેક. છે. એક ૫૦૦ ગ્રામ વજનનો પથ્થર સેકંડના ૫ ફૂટની ઝડપે ગતિ કરતો હોય તો તેનો વજનવેગ પણ ૨૫૦૦ ગ્રા. ફૂટ/સેક. થાય છે. આમ ઓછાં વજનની બંદૂકની ગોળી અને ભારે પથ્થર બન્નેનો વજનવેગ સરખો હોવાથી એ બન્ને કોઈ વસ્તુની સાથે અથડાય તો તેની અસર એકસરખી જ થશે.)

હવે અમુક વસ્તુ ઉપર એક બળ લગાડવામાં આવે તો તેના વેગમાં ફેરફાર થશે જ, પરંતુ એ ફેરફાર તેનાં વજનવેગ (momentum) ઉપર આધાર રાખશે. બળ વધુ વખત લાગે તો વજનવેગમાં વધુ ફેર પડે છે. બળ અને સમયના ગુણાકારને સંસ્કારબળ (impressed force) કહેવામાં આવે છે. વળી જે દિશામાં બળ લાગે તે જ દિશામાં વેગની વધઘટ પણ થાય છે. આ રીતે ઉપર દર્શાવેલો નિયમ ટૂંકમાં નીચે મુજબ છે.

"એક વસ્તુના વજનવેગની વધઘટ તેના ઉપર લાગતા સંસ્કારબળના પ્રમાણસર હોય છે, અને વજનવેગની વધઘટ બળની દિશામાંજ થાય છે."

હવે આ નિયમને પુરેપુરો સમજાય તે માટે એક દાખલો લઈએ. કોઈ એક વસ્તુ અમુક વેગથી ખસતી હોય અને તેના ઉપર થોડો વખત વધારાનું બળ લગાડવામાં આવે તો તેનો વેગ વધેલો માલૂમ પડશે. હવે ધારો કે—

M = વસ્તુનું વજન
V_1 = વસ્તુનો શરુઆતનો વેગ
F = વસ્તુ ઉપર લાગતું બળ
t = બળ લગાડવામાં વીતેલો સમય
V_2 = બળ લાગ્યા પછીનો (અંતનો) વેગ

એટલે $F \times t$ = (બળ × સમય)
= સંસ્કારબળ (impressed force)

$M \times V_1$ = શરુઆતનો વજનવેગ (momentum)

$M \times V_2'$ = અંતનો વજનવેગ (momentum)

$M \times V_2 - M \times V_1$ = વજનવેગનો વધારો

$M(V_2 - V_1)$ = વજનવેગનો વધારો

આથી ઉપલા નિયમ પ્રમાણે,

સંસ્કારબળ = વજનવેગની વધઘટ

$$F \times t = M(V_2 - V_1)$$

એટલે,

$$F = M \times \frac{V_2 - V_1}{t}$$

પરંતુ, $V_2 - V_1$ = વેગનો વધારો બતાવે છે.

અને, t = એ વધારો થતાં વીતેલો સમય દર્શાવે છે.

હવે $\frac{\text{વેગનો વધારો}}{\text{સમય}}$ = પ્રવેગ હોવાથી,

$\frac{V_2 - V_1}{t} = a$ = વસ્તુનો બળથી થયેલો પ્રવેગ (acceleration) દર્શાવે છે.

ટૂંકમાં, $F = M \times a$

Force = Mass × acceleration

બળ = (વજન × પ્રવેગ)

[ખરી રીતે (બળ) ∝ (વજન × પ્રવેગ) છે; (force ∝ Mass × acceleration). પરંતુ (બળ) = અ × (વજન × પ્રવેગ) મૂકીએ અને બળનો એકમ ડાઇન રાખીએ તો અ = ૧ આવે છે એટલે 'બળ = વજન × પ્રવેગ' એ સમિકરણ ખરું છે.]

આ ઉપરથી એક સાદું સત્ય સિદ્ધ થાય છે કે કોઈ ગતિમાન વસ્તુને કેટલું બળ લાગ્યું છે તે તેને લાગતા પ્રવેગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે. દાખલા તરીકે, એક ગ્રામ વજન ઉપર પૃથ્વીનું કેટલું બળ

લાગે છે તે આપણે કાઢી શકીએ છીએ કારણ કે M = ૧ ગ્રામ અને a = g = ૯૮૦ સેમિ./સેક.^{2} છે એટલે;

F = M × a = ૧ × ૯૮૦ = ૯૮૦ એકમ બળ.

ઉપર દર્શાવેલાં એકમ બળને ડાઈનિ (dyne) કહેવામાં આવે છે. એટલે એક ગ્રામ ભાર = ૯૮૦ ડાઈનિનું બળ કહેવાય છે. આ પ્રમાણે કોઈ પણ વસ્તુ એક બળથી કેટલો પ્રવેગ મેળવે છે અથવા મેળવી શકે તે જાણીએ તો તે બળની ગણતરી કરી શકાય છે.

બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં એક રતલ (પાઉંડ) વજન ૧ ફૂટ./સેક.^{2} પ્રવેગથી ખસે તો તેનું બળ એક પાઉંડલ જેટલું કહેવાય છે. એટલે પૃથ્વી ઉપર ૩૨ ફૂટ/સેક.^{2} ના પ્રવેગથી દરેક વસ્તુ પડતી હોવાથી એક પાઉંડ ભારનું બળ ૩૨ પાઉંડલ થાય છે.

દશાંશ પદ્ધતિમાં એકમ બળને ડાઈનિ કહેવામાં આવે છે, અને બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં પાઉંડલ કહેવામાં આવે છે. એક ડાઈનિ બળ એટલે જેને ૧ ગ્રામના વજન ઉપર લગાડીએ તો તે વસ્તુને ૧ સેમિ /સેક.^{2} પ્રવેગ લાગુ પડે તે; અને એક પાઉંડલ બળ એટલે જેના વડે એક પાઉંડ વજન ઉપર ૧ ફૂટ/સેક.^{2} પ્રવેગ લાગુ પડે તે બળ.

૪. **ન્યુટનના ત્રણ નિયમો.** ઉપર દર્શાવેલા નિયમો પ્રથમ ન્યુટને ઘડ્યા હતા અને એ નિયમોને ન્યુટનના નિયમો કહેવામાં આવે છે. તેણે મુખ્ય ત્રણ નિયમો ઘડેલા છે અને એ નિયમો વડે તેણે બળ, ગતિ અને વજનનો સંબંધ દર્શાવતા સિદ્ધાંત ઘડી કાઢ્યા છે.

ન્યુટનનો પહેલો નિયમ:—

દરેક વસ્તુ પોતાની અવસ્થા આપમેળે બદલતી નથી; અથવા દરેક વસ્તુમાં નિષ્ક્રિયત્વ(inertia)નો ગુણ રહેલો છે.

(Every body remains at rest, if it is at rest and continues to move uniformly in a straight line, if it is already in motion. This state of rest or of uniform motion in a straight line can only be changed by an external force acting on the body. Matter by itself cannot bring about this change of state. Matter has the property of inertia.)

એટલે કે 'વસ્તુ સ્થિર હેાય તેા સ્થિર જ રહે છે અને જો વસ્તુ એક સરખી ઝડપથી સીધી લીટીમાં જતી હેાય તેા હંમેશાં તે જ ઝડપથી તે જ દિશામાં, જ્યાં સુધી તેને બીજું બળ ન લાગે ત્યાં સુધી, ગતિ કરશે.' જો વસ્તુ સ્થિર હેાય અને ગતિમાં આવે તેા એમ માનવું કે તેના ઉપર બળની અસર થઈ છે અને જો સીધી લીટીમાં એકસરખી ગતિથી ખસતી હેાય અને એ ગતિમાં અથવા તેની ગતિની દિશામાં અથવા બંનેમાં ફેર પડે તેા પણ એમ માનવું કે તેના ઉપર બળની અસર લાગુ થઈ છે. વળી એ ઉપરથી બળ શું છે તે, અને આગળ (પા. ૧૯૧) આપવામાં આવેલી બળની વ્યાખ્યા આપણે સમજી શકીશું.

"જેને લીધે સ્થિર વસ્તુ ખસે છે કે ખસવાનેા પ્રયત્ન કરે છે, અથવા ગતિમાન વસ્તુના વેગમાં ફેર પડે છે અથવા તેવેા પ્રયત્ન થાય છે તેને બળ કહેવામાં આવે છે."

સ્થિર વસ્તુ હંમેશાં સ્થિર જ રહે છે એમાં તેા શંકા નથી જ, પરંતુ જે વસ્તુ સીધી લીટીમાં એકસરખી ગતિથી ખસતી હેાય તે તે જ દિશામાં અને તેટલી જ ઝડપથી ગતિ કરતી રહે છે, તેને માટે એકાદ દૃષ્ટાંત તપાસીએ; કારણ કે આ બાબત આપણને સાધારણ રીતે અનુભવમાં આવતી નથી.

સાધારણ ખરબચડી જમીન ઉપર એક લખોટાને ગબડાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે તે થોડે જઈને અટકી પડે છે; પરંતુ જો એ જ લખોટાને બને તેટલી સપાટ અને લીસી જમીન ઉપર ગબડાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે એ લખોટો ઘણે દૂર સુધી ગબડ્યા કરે છે. જમીનનો અને હવાનો અવરોધ (resistance) ન હોય તો દરેક વસ્તુ સપાટ જમીન ઉપર એકવાર ખસવા માંડે કે પછી અટકે જ નહિ. સારું છે કે જગતમાં હંમેશાં ગતિના માર્ગમાં અવરોધ હોય છે. એ અવરોધને લીધે જ આપણે ગતિ કરતી વસ્તુને અટકાવી શકીએ છીએ, અને ઘણા ઝડપથી વાહનને બ્રેક લગાવી રોકી શકીએ છીએ. ગતિ કરતી વસ્તુને હંમેશાં ઘર્ષણ (friction) નો અવરોધ લાગે છે. ઘર્ષણ બિલકુલ ન હોત તો ન્યુટનના નિયમાનુસાર ગતિમાન વસ્તુ હંમેશા ગતિમાં જ રહેતે. ઘર્ષણના બળ સંબંધમાં કેટલાક નિયમો હવે પછી જણાવવામાં આવશે.

ન્યુટનનો બીજો નિયમ :—

ન્યુટનના બીજા નિયમનું પરિણામ આપણે આગલા પ્રકરણમાં જોઈ ગયા છીએ. એ નિયમ નીચે પ્રમાણે છે :—

કોઈ પણ વસ્તુના વજનવેગ (momentum) માં થતો ફેરફાર તેના ઉપર લાગતાં સંસ્કારબળ (impressed force) ના પ્રમાણસર હોય છે; અને તે વસ્તુના વેગમાં જે ફેરફાર થાય છે તે તેના ઉપર લાગતાં બળની દિશામાં જ થાય છે.

(The change in the momentum of a body is proportional to the impressed force and the change in the velocity of the body takes place in the direction of the force applied.)

આ નિયમ ઉપરથી (બળ = વજન × પ્રવેગ) એ સંબંધ આપણે સંશોધ્યો છે.

આ ઉપરથી એમ માલૂમ પડે છે કે એક વસ્તુ ઉપર બળને લાંબો વખત લગાડીએ તો તેની અસર વધુ થાય છે અને તે વસ્તુના વેગમાં થતી વધઘટ તેના વજન ઉપર આધાર રાખે છે; વજન વધુ તો વેગમાં વધઘટ ઓછી અને વજન ઓછું તો વધઘટ વધારે.

ન્યુટનનો ત્રીજો નિયમ :—

ન્યુટનનો ત્રીજો નિયમ તદ્દન સાદો છે.

બે વસ્તુ અથડાય તો તે દરેકના બળના આઘાત (action) અને પ્રત્યાઘાત (reaction) સરખા અને પરસ્પરવિરોધી હોય છે.

Action and reaction are equal and opposite.

આ નિયમનો સ્પષ્ટાર્થ કરીએ. આપણે એક ટેબલ ઉપર હાથ પછાડીએ તો હાથ વડે કરેલાં બળના જેટલો જ પ્રત્યાઘાત હાથની સામે ટેબલ કરે છે. એક બંદૂક ફોડીએ તો બંદૂકની ગોળી ઉપર બળની જેટલી અસર થાય છે તેટલી જ અસર સામી દિશામાં બંદૂક ઉપર પણ થાય છે. બંદૂક ભારે હોવાથી એની ઉપર પ્રત્યાઘાતની અસર ઓછી દેખાય છે. આ જ કારણથી જમીન ઉપર પડતી વસ્તુ અથડાઈને વત્તીઓછી ઊંચે ઊછળે છે.

૫. સમાસબળ (Resultant Force) અને બળનો સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ (Parallelogram of Forces). વસ્તુ ઉપર બળની શી અસર થાય તે જોયા પછી હવે એક જ વસ્તુ ઉપર અનેક બળ લગાડવામાં આવે તો તેનું પરિણામ

કયી દિશામાં આવે અને પરિણામે આવતું બળ અથવા સમાસબળ (resultant force) કેટલું થાય તે વિષે હવે કંઈક વિચાર કરીએ.

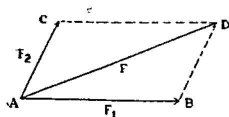
એક વસ્તુ ઉપર એકથી વધુ બળ એકસામટાં લાગે તેનાથી જેટલી અસર થાય તેટલી જ અસર જે એક બળ વડે થાય તે બળને બધાં બળોનું સમાસબળ (resultant force) કહેવામાં આવે છે.

(૧) ધારો કે એક વસ્તુ ઉપર એક જ દિશામાં બે જુદાંજુદાં બળ $વ_1$ (F_1) અને $વ_2$ (F_2) લાગે છે. તેને પરિણામે એજ દિશામાં કુલ સમાસબળ $વ = વ_1 + વ_2$, ($F = F_1 + F_2$) થશે.

(૨) જો બન્ને બળ સામસામેની દિશામાં પરંતુ એક જ સીધી લીટીમાં લાગે, તો કુલ સમાસબળ વ એ બન્ને બળના તફાવત જેટલું થશે; એટલે $વ = વ_1 - વ_2$, ($F = F_1 - F_2$). (જો $વ_2 > વ_1$ તો સમાસબળ $વ_2$ ની દિશામાં લાગશે.)

(૩) બે અથવા વધારે બળો એક જ વસ્તુ ઉપર પરસ્પર વિરુદ્ધ દિશામાં લાગે, પરંતુ બળો જુદાંજુદાં બિંદુ અને જુદીજુદી દિશામાં લાગે, તો તેમની અસરથી વસ્તુ ચક્રગતિમા ફરતી થશે. આવા બળની અસરને પરિબળ (turning moment) કહેવામા આવે છે. (આમ છતાં જો એક બાજુનું સમાસબળ બીજી બાજુના સમાસબળ જેટલુ જ થાય અને તે બન્ને સમાસબળ એક જ બિંદુ ઉપર લાગે તો વસ્તુ સ્થિર રહે છે.)

આકૃતિ ૯૧



એ બન્ને બળ એક જ દિશામાં અથવા સામસામાં ન હોય તો સમાસબળ કાઢવા, સમાસવેગ શોધવા જે રચના કરી હતી તે જ કરવી પડશે. ધારો કે A B અને A C

લીટી એક વસ્તુ ઉપર એ જ દિશામાં લાગતાં બે બળ F_1 અને F_2 તેમના પ્રમાણસર બતાવે છે. એ બન્ને બાજુ ઉપર એક સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ A B C D દોરીએ અને તેનો A D કર્ણ (diagonal) લઈએ તો એ લીટી સમાસબળ (resultant force) F ને મૂલ્યમાં અને દિશામાં (in magnitude and direction) દર્શાવશે. હવે જો A આગળ એક વસ્તુ રાખી હોય અને તેના ઉપર A B દિશામાં અને A C દિશામાં બે બળ લગાડવામાં આવે તો એ વસ્તુ ઉપર કુલ બળ A D જેટલું લાગશે અને તેટલા બળથી એ વસ્તુ A D દિશામાં ખસશે. આ રચનાને બળનો સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ કહેવામાં આવે છે.

૬. બળનું સમતોલપણું (**Equilibrium of Forces**) અને સમતોલબળ (**Equilibrant**). એક વસ્તુ ઉપર બે સરખાં પરંતુ પરસ્પરવિરોધી બળ એક જ સીધી લીટીમાં લાગતાં હોય તો તે બન્ને બળો એકબીજાને સમતોલ કરે છે, અને તેથી વસ્તુ સ્થળાંતર થતી નથી.

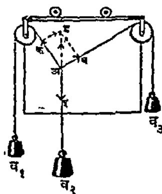
એક લીટીમાં એક વસ્તુ ઉપર એક દિશામાં બે બળો અને સામી દિશામાં ત્રીજું બળ લાગતાં હોય અને જો એ એક દિશાનાં બન્ને બળોનો સરવાળો સામી બાજુનાં ત્રીજાં બળ જેટલો થાય તો એ બળો પણ સમતોલ રહેશે. આપણે ત્રાજવું ઊંચકીએ છીએ ત્યારે ત્રાજવાંના પલ્લાંના બે બળોનો સરવાળો આપણા હાથ વડે ઊંચકવાનાં બળના જેટલો થાય છે.

/ કેટલીક વખતે ત્રણ બળો એક વસ્તુ ઉપર એક જ બિંદુએ જુદીજુદી દિશામાં લાગે છે, છતાં તે વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એનું કારણ એ છે કે એ ત્રણે બળોમાંથી ગમે તે બે બળો લઈને તેમનું સમાસબળ (resultant force) કાઢીએ તો તે ત્રીજાં બળના

જેટલું જ અને ત્રીજાં બળની લીટીમાં સામી દિશામાં આવે છે. આથી એક વસ્તુ ઉપર ત્રણ બળો લાગતાં હોય તો ગમે તે બે બળો લઈને તેમનો સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ રચી કર્ણ વડે દર્શાવતું સમાસબળ કાઢવું. એ બળ ત્રીજાં બળની સીધી લીટીમાં આવવું જોઈએ અને તે બળથી વિરુદ્ધ દિશામાં અને તેટલુંજ હોવું જોઈએ; અને તો જ વસ્તુ સમતોલ રહે છે. આ ત્રીજું બળ જે બીજાં બે બળને સમતોલે છે તેને સમતોલબળ (equlibrant force) કહેવામાં આવે છે.

૭. બળનો સમાંતરબાજુ ચતુષ્કોણનો (Parallelogram of Forces) અને સમતોલ બળનો પ્રયોગ. પ્રયોગઃ—આકૃતિ (૯૨) માં દર્શાવ્યા મુજબ એક પાટિયાને બે ગરગડી લગાવો. હવે ત્રણ વજનને ત્રણ દોરી વડે अ આગળ બાંધી બતાવ્યા પ્રમાણે લટકાવો. $व_2$ વજન, $व_1$ અને $व_3$ કરતાં મોટું હોવું જોઈએ. ત્રણે વજન બતાવ્યા મુજબ સમતોલ થશે. अ क દોરી તરફ $व_1$ વજનનું બળ લાગે છે, અને તે જ પ્રમાણે $व_2$ અને $व_3$ વજનનાં બળો અનુક્રમે अ इ અને अ च દિશામાં લાગે છે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે अ क અને अ च દિશામાં લાગતાં બે બળને अ इ દિશામાં લાગતું બળ સમતોલે છે. अ इ દિશામાં લાગતાં બળને $व_1$ અને $व_3$ બળનું સમતોલ બળ (equilibrant force) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૯૨.



હવે એ દોરીની નીચે પાટિયા ઉપર કાગળ ચોંટી अ क = $व_1$ બળ, अ इ = $व_2$ બળ, અને अ च = $व_3$ બળ થાય એમ નોંધ કરો. अ च क ट સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ રચો. अ ट લીટી, अ क અને अ च બળોનું સમાસબળ બતાવે છે. अ ટની લંબાઈની નોંધ કરો અને જુઓ કે

(૧) અ ઙ = અ ટ

અને (૨) અ ઙ = અને અ ટ એક જ લીટીમાં છે.

$વ_1$, $વ_2$, અને $વ_3$ ની જગ્યાએ બીજાં વજનો લઈ ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો.

ઉપરના પ્રયોગમાં $વ_2$ બળ, $વ_1$ અને $વ_3$ બળોનું સમતોલબળ છે. $વ_2$ બળ, $વ_1$ અને $વ_3$ ના સમાસબળની સરખું થાય છે અને તેની સીધી લીટીમાં પરંતુ વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે. એ જ પ્રમાણે $વ_3$ બળને પણ $વ_1$ અને $વ_2$ નું સમતોલબળ કહી શકાય છે. જો ઉપરના પ્રયોગોમાં બતાવ્યા પ્રમાણે $વ_2$ અને $વ_3$ નો સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ રચી તેમનું સમતોલ બળ કાઢીએ તો માલૂમ પડશે કે તે સમતોલ બળ $વ_1$ ના જેટલું થાય છે અને તેનાથી વિરુદ્ધ દિશામાં લાગુ પડે છે.

[જો બધાં બળો વસ્તુ ઉપર એક જ બિંદુએ ન લાગતાં હોય તો દરેક બળ વસ્તુને ચક્રાકાર ફેરવવાનો પ્રયત્ન કરે છે. એ બળની અસરને પરિબળ (turning moment)કહેવામાં આવે છે. જો બન્ને દિશાનાં પરિબળ સરખાં થાય તો વસ્તુ સ્થિર રહે છે અને નહિતર ફરે છે.]

૮. કાર્ય (Work). કોઈ પણ કાર્ય કરવામાં આપણને બળ વાપરવું પડે છે. બળ વાપર્યા વિના કાર્ય થઈ શકે નહિ. આથી ઊલટું બળ વાપરવાથી હંમેશાં કાર્ય થઈ શકતું નથી. સાધારણ રીતે અપાતી કાર્યની વ્યાખ્યા અને વૈજ્ઞાનિક કાર્યની વ્યાખ્યામાં ફેર હોય છે. દાખલા તરીકે, એક માણસને એક મોટો પથ્થર ખસેડવાનું કહ્યું હોય, પરંતુ આખો દિવસ બળ વાપર્યા છતાં પણ જો તે પથ્થરને ખસેડી ન શકે તો વૈજ્ઞાનિક દૃષ્ટિએ કંઈ પણ કાર્ય થયું ન કહેવાય. બળ વાપર્યાથી બળની દિશામાં વસ્તુ ખસે ત્યારે જ કાર્ય થયેલું ગણવામાં આવે છે. એ જ પ્રમાણે માથા ઉપર વજન

મૂકી એક માણુસ સપાટ જમીન ઉપર લાંબો વખત ચાલે તો પણુ તેણે કાર્ય કરેલું ન ગણાય, કારણ કે માથા ઉપરનાં વજનનો ભાર શિરોલંબ દિશામાં લાગે છે, એટલે એ ભારની દિશામાં જ્યાં સુધી માણુસ ખસે નહિ, એટલે કે સપાટ જમીનથી ઊંચે જાય નહિ, ત્યાં સુધી વૈજ્ઞાનિક રીતે કાર્ય થયેલું ગણાતું નથી.

"જ્યારે એક વસ્તુ તેના ઉપર લાગતાં બળની દિશામાં ખસે છે, ત્યારે જ કાર્ય થયેલું ગણાય છે; અને બળ અને એ દિશામાં કપાયેલાં અંતરના ગુણાકારથી કાર્યનું માપ મળે છે."

કાર્ય = (બળ) × (બળની દિશામાં કપાયેલું અંતર), का = ब × अ

Work = Force × Distance, W = F × D.

૯. કાર્યના એકમો (**Units of Work**). ઉપરના નિયમ અનુસાર કાર્યના એકમ નક્કી કરવામાં આવ્યા છે. દશાંશ પદ્ધતિ પ્રમાણે બળનો એકમ ડાઇન (Dyne) છે અને અંતરનો એકમ સેંટીમિટર છે એટલે

એકમ કાર્ય = એક ડાઇનનું બળ × એક સેંટીમિટરનું અંતર
= એક અર્ગ

unit work = one dyne of force × one centimeter length
= one erg

એટલે એક ડાઇન બળથી એક વસ્તુ બળની દિશામાં એક સેંટીમિટર અંતર ખસે તો એક અર્ગ જેટલું કાર્ય થયું ગણાય.

એ જ પ્રમાણે બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં

એકમ કાર્ય = એક પાઉંડલ બળ × એક ફૂટ અંતર
= એક ફૂટ-પાઉંડલ

unit work = one poundal of force × one foot length
= one foot-poundal

એટલે દશાંશ પદ્ધતિમાં કાર્યનો એકમ = ૧ અર્ગ
અને બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં કાર્યનો એકમ = ૧ ફૂટ–પાઉંડલ

ઉપરના એકમો બહુ નાના હોવાથી કેટલીક વાર ગુરુત્વ એકમો (gravitational units) વાપરવામાં આવે છે.

ગુરુત્વ એકમમાં દશાંશ પદ્ધતિ પ્રમાણે, ગુરુત્વ એકમ બળ = ૧ ગ્રામ બળ
= ૯૮૦ ડાઈન

અને બ્રિટીશ પદ્ધતિ પ્રમાણે, ગુરુત્વ એકમ બળ = ૧ પાઉંડ બળ
= ૩૨ પાઉંડલ

એટલે દશાંશ પદ્ધતિમાં

કાર્યનો ગુરુત્વ એકમ = ૧ ગ્રામ બળ × ૧ સેંટીમિટર
= ૧ ગ્રામ–સેંટીમિટર જેટલું કાર્ય
= ૯૮૦ અર્ગ

the gravitational
unit of work = 1 gram of force × 1 cm.
= 1 gram–centimeter of work
= 980 ergs.

એ જ પ્રમાણે બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં

કાર્યનો ગુરુત્વ એકમ = ૧ પાઉંડ બળ × ૧ ફૂટ
= ૧ ફૂટ–પાઉંડ જેટલું કાર્ય
= ૩૨ ફૂટ–પાઉંડલ કાર્ય

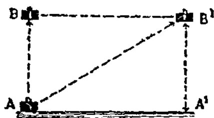
the gravitational
unit of work = 1 pound of force × 1 foot
= one foot–pound of work
= 32 foot–poundals

અર્ગનો એકમ ઘણો નાનો હોવાથી વ્યવહારમાં ઘણુંખરું એક મોટો એકમ (જૂલ) વપરાય છે.

એક જૂલ = ૧,૦૦,૦૦,૦૦૦ અર્ગ = ૧૦^{૭} અર્ગ.

૧૦ કાર્યનું માપ. ઉપર બતાવ્યા મુજબ કાર્યની ગણતરી કરવામાં હમેશાં ધ્યાનમાં રાખવાની ખાસ જરૂર એ છે કે બળ અને અંતરનો ગુણાકાર કરતાં એ વસ્તુ બળની દિશામાં જ કેટલું અંતર ખસે છે તેની ગણતરી કરવાની જરૂર છે. બીજી આડીઅવળી દિશામાં તે ગમે તેટલી ખસે તો તે ધ્યાનમાં લેવાની જરૂર નથી. દાખલા તરીકે, A આગળથી એક વજનને B અથવા B' ઊંચાઈએ લઈ જઈએ તો બન્નેમાં કાર્ય એકસરખું જ ગણાય છે (આકૃતિ ૯૩). કારણ કે વસ્તુનું વજનનું બળ B A દિશામાં છે એટલે એ બળની દિશામાં આપણે A B જેટલું જ અંતર A થી B' લઈ જવામાં પણ કાપીએ છીએ; બળ જે દિશામાં લાગતું હોય તે દિશામાં એક સીધી લીટી દોરી તે જ દિશામાં કેટલું અંતર કપાયું તે માપી, બળ અને અંતરનો ગુણાકાર કરવાથી કાર્યનું માપ નીકળે છે. એ જ પ્રમાણે જે એક માણસ ભાર

આકૃતિ ૯૩



આકૃતિ ૯૪.



લઈને A થી B સુધી ઊંચે જાય (આકૃતિ ૯૪) તે જેટલું કાર્ય કરે તેટલું જ કાર્ય C થી B સુધી સીધું ઊંચે જવામાં પણ થાય છે.

૧૧. કાર્યત્વરા (Power). કાર્યત્વરા (power) એટલે કાર્ય કરવાનો દર અથવા કાર્ય કરવાની ઝડપ.

અમુક વખતમાં જેટલું કાર્ય થઈ શકે તે દરને કાર્યત્વરા (power) કહેવાય છે.

$$\text{કાર્યત્વરા} = \frac{\text{કાર્ય}}{\text{સમય}},\quad \text{कात्व} = \frac{\text{का}}{\text{स}},\quad \text{power} = \frac{\text{work}}{\text{time}},\quad P = \frac{W}{t}$$

ખાસ કરીને મોટાં યંત્રો વાપરવામાં તેમની કાર્ય કરવાની ઝડપ જાણવાની જરૂર પડે છે. એટલે એ માપ કાઢવા માટે પણ અમુક એકમો રાખવામાં આવ્યા છે. ઉપલાં સમીકરણમાં જો t (स) = ૧ સેકંડ હોય તો कात्व = का, (P = W) થશે, માટે એક સેકંડમાં જેટલું કાર્ય થઈ શકે તે કાર્યને કાર્યત્વરા કહેવામાં આવે છે.

દશાંશ પદ્ધતિ પ્રમાણે એક સેકંડમાં એક જૂલ (૧૦⁷ અર્ગ) કાર્યને એક વૉટ (watt) કાર્યત્વરા કહેવાય છે.

બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં એક સેકંડમાં ૫૫૦ ફૂટ–પાઉંડ કાર્ય થાય તો તેને એક હૉર્સપાવર (horsepower) કહેવામાં આવે છે.

એટલે એક હૉર્સપાવરનું યંત્ર હોય તે એક સેકંડમાં ૫૫૦ ફૂટ–પાઉંડ કાર્ય કરે છે; જ્યારે આઠ હૉર્સપાવરનું યંત્ર એક સેકંડમાં આઠગણું કાર્ય કરે છે. સાધારણ રીતે એમ માનવામાં આવતું હતું કે એક ઘોડો એક સેકંડમાં ૫૫૦ ફૂટ–પાઉંડ જેટલું કાર્ય કરી શકે. એ આશરા ઉપરથી ઘોડાની કાર્યત્વરાનો ખ્યાલ આપતો આ માપનો એકમ નક્કી કરવામાં આવ્યો હતો.

૧૨. કાર્યશક્તિ (Energy). હવે આપણે કાર્યશક્તિ એટલે અમુક વસ્તુની કાર્ય કરવાની શક્તિ કેવી અને કેટલી હોઈ શકે તે

બાબત ચર્ચીશું. ઘણી વસ્તુ તેની અમુક અવસ્થાને લીધે કાર્ય કરવાને શક્તિમાન બને છે. દાખલા તરીકે, એક સ્પ્રીંગ (કમાન) ને ખૂબ વાળીને કે વીંટાળીને પછી ઉકલવા દઈએ તો તે કાર્ય કરી શકે છે. આ જ રીતે ઘડિયાળની કમાનને ચાવી આપી ખૂબ વીંટાળી આપણે ઘડિયાળના કાંટા ચલાવવાનું કાર્ય સાધી શકીએ છીએ; અથવા એ જ રીતે ઊંચા ટાવરના ઘડિયાળને ચલાવવા મોટાં વજનનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. લાંબા તારને એક ધરી ઉપર વીંટાળી એક છેડે મોટું વજન લટકાવામાં આવે છે. એ વજનને નીચે પડવા દેવામાં આવે છે, એટલે તાર ઉકેલાતાં ધરી ફરે છે અને તે બળથી ઘડિયાળનું લોલક હંમેશાં આંદોલિત રહે છે. આ ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે અમુક સ્થિતિમાં ઘણી વસ્તુઓ કાર્ય કરવાને શક્તિમાન થાય છે. ઊંચા પર્વત ઉપર ભરાયેલાં પાણીને ધોધની માફક નીચે પડવા દઈએ તો તેના વડે અમુક કાર્ય સાધી શકાય છે મુંબઈ શહેરને પૂરી પાડવામાં આવતી વિદ્યુત ખપોલી આગળ આવેલા ટાટાના કારખાનામાં પાણીની અવસ્થા શક્તિવડે ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

અમુક જાતની અવસ્થાને લીધે વસ્તુની અંદર જ કાર્ય કરવાની જે શક્તિ રહેલી છે, તેને સ્થિતિશક્તિ (potential energy) અથવા અવસ્થાશક્તિ કહેવામાં આવે છે.

વસ્તુ ગતિમાન હોય છે ત્યારે તેમાં પણ કાર્ય કરવાની શક્તિ હોય છે. એક મોટો પથ્થર નીચે પડે તો તેનાથી કાર્ય થઈ શકે છે. પવન વાતો હોય એટલે ગતિમાન હોય ત્યારે તે પવનચક્કી ચલાવી શકે છે. આ ઉપરથી જણાય છે ગતિવાળી વસ્તુ હોય તેમાં પણ કાર્ય કરવાની શક્તિ હોય છે.

ગતિમાન વસ્તુમાં કાર્ય કરવાની જે શક્તિ રહેલી હોય છે તેને ગમનશક્તિ (kinetic energy) કહેવામાં આવે છે.

૧૩. શક્તિનાં સ્વરૂપો અને શક્તિસંચય (Conservation of Energy) નો નિયમ. આ સિવાય પણ શક્તિ અનેકરૂપે વસ્તુમાં રહેલી છે. દાખલા તરીકે, ઉષ્ણતાને લીધે પણ શક્તિ ઉત્પન્ન થાય છે. પર્વત ઉપર રહેલાં પાણીમાં સ્થિતિશક્તિ (potential energy) છે. પાણીને ગતિમાન કરીને એ શક્તિનું આપણે ગમનશક્તિ (kinetic energy) માં રૂપાંતર કરીએ છીએ. એ ગમનશક્તિનું આપણે વિદ્યુતશક્તિમાં રૂપાંતર કરીએ છીએ. વિદ્યુતશક્તિને પાછી ઉષ્માશક્તિ (heat energy) માં અને ગાડી કે ટ્રામ દોડે ત્યારે ગમનશક્તિમાં રૂપાંતર કરી શકીએ છીએ. આ રીતે શક્તિનું હંમેશાં એકથી બીજીમાં રૂપાંતર થયાં કરે છે. આમ છતાં જુદીજુદી જાતની શક્તિઓના રૂપાંતરમાં શક્તિનો ક્ષય થતો નથી, પરંતુ કુલ શક્તિ તેટલી જ રહે છે. કોઈ પણ શક્તિની આપલે થાય અથવા તેનું રૂપાંતર થાય, પરંતુ કુલ શક્તિ હંમેશા જેટલી ને તેટલી જ રહે છે. શક્તિના કુલ જથ્થામાં કંઈ વધઘટ થતી નથી.

આ ઉપરથી પદાર્થવિજ્ઞાનનો એક નિયમ ઘડવામાં આવ્યો છે કે આ વિશ્વમાં અનેકરૂપે જે શક્તિ પ્રવર્તી રહેલી છે તે સર્વનો કુલ સરવાળો હંમેશાં એક નો એક જ રહે છે. શક્તિમાં અનેક જાતનું રૂપાંતર થાય છે, પરંતુ શક્તિના જથ્થાનો કુલ સરવાળો તેટલો જ રહે છે. નવી શક્તિને પેદા કરી શકાતી નથી, તેમ જે શક્તિ છે તેનો નાશ થઈ શકતો નથી. આ નિયમને શક્તિસંચય (conservation of energy) નો સિદ્ધાંત કહેવામાં આવે છે.

૧૪. ઘર્ષણ (Friction). આગળ દર્શાવવામાં આવ્યું તેમ ગતિમાં આવેલી વસ્તુને ઘર્ષણને લીધે હંમેશાં અવરોધ લાગે છે અને તે અવરોધને ઘર્ષણબળ કહેવામાં આવે છે. બે વસ્તુ પરસ્પર

ગતિમાં આવે એટલે ઘર્ષણ ઉત્પન્ન થાય છે અને ગતિની ઊલટી દિશામાં એ ઘર્ષણનું બળ લાગે છે. જો ગતિની દિશા બદલાય તો ઘર્ષણબળની દિશા પણ ઊલટી થાય છે. ઘર્ષણબળ વસ્તુનાં વજનના પ્રમાણમાં વધતું જાય છે. ઘર્ષણબળના નિયમો નીચે મુજબ છે:—

(૧) ગતિ કરતી વસ્તુનો નીચેની સપાટી ઉપર શિરોલંબ (vertical) દિશામાં જે ભાર લાગે તેના પ્રમાણમાં ઘર્ષણબળ લાગે છે.

અમુક સપાટી ઉપર એક વસ્તુને લાગતું ઘર્ષણબળ અને તેના શિરોલંબ ભારનો ગુણોત્તર (ratio of force of friction and vertical reaction) એકમૂલ્ય (constant) રહે છે. એ ગુણોત્તરને ઘર્ષણાંક (coefficient of friction) કહેવામાં આવે છે.

(૨) ઘર્ષણબળનો આધાર સપાટીના પ્રકાર ઉપર રહે છે પરંતુ સપાટીના વિસ્તાર ઉપર રહેતો નથી.

લીસી સપાટી હોય તો ઘર્ષણબળ ઓછું લાગે છે અને ખરબચડી હોય તો વધુ લાગે છે.

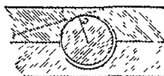
ઘર્ષણબળને લીધે હમેશાં કાર્ય કરવામાં જે બળ વપરાય છે, તેમાંનું કેટલુંક બળ નકામું જાય છે. કાર્યના સિદ્ધાંત પ્રમાણે જેટલું કાર્ય એક યંત્રમાં કરવામાં આવે છે તેટલું જ કાર્ય યંત્રદ્વારા મળી શકે છે; પરંતુ એમાંથી થોડું કાર્ય હંમેશાં ઘર્ષણબળને લીધે નકામું જાય છે. એટલે યંત્રદ્વારા ઉત્પન્ન થતું કાર્ય હંમેશાં યંત્રને ચલાવવામાં કરેલાં કાર્યથી હંમેશાં ઓછું જ હોય છે.

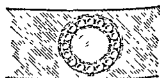
સ્થિર વસ્તુ ગતિમાં આવે તે વખતે જે ઘર્ષણબળ લાગે છે તેને **સ્થિત ઘર્ષણ** (static friction) કહેવામાં આવે છે. ગતિમાન વસ્તુને જે ઘર્ષણબળ લાગે છે તેને **ચલિત ઘર્ષણ**

(dynamic friction) કહેવામાં આવે છે. સ્થિત ઘર્ષણ ચલિત ઘર્ષણથી હંમેશાં ઘણું વધારે હોય છે, અને તેથી જ વસ્તુને ગતિમાં લાવતી વખતે જે બળ જોઈએ તેના કરતાં ગતિમાં ટકાવી રાખવા જે બળ જોઈએ તે હંમેશાં ઓછું હોય છે. આ ઉપરાંત દરેક જાતના ઘર્ષણમાં સરતી વસ્તુને ગબડતી વસ્તુ કરતાં વધુ ઘર્ષણ લાગે છે. સરતી વસ્તુને લાગતાં ઘર્ષણને **સરતું ઘર્ષણ** (sliding friction) અને ગબડતી વસ્તુને લાગતાં ઘર્ષણને **લોલ ઘર્ષણ** (rolling friction) કહેવામાં આવે છે. લોલ ઘર્ષણ કરતાં ઘર્ષણથી ઘણું ઓછું છે.

ઘર્ષણબળને ઓછું કરવું હોય તો વસ્તુને ગબડાવવાથી થઈ શકે છે. એક ગાડીનાં પૈડાંને માત્ર ઘસડવામાં આવે તો તે વખતે વધુ ઘર્ષણબળ લાગે છે; પરંતુ તેને ગબડાવવાથી તે ઓછું થાય છે. મોટરનાં અથવા સાઈકલનાં પૈડાંની ધરી આગળ ઘર્ષણબળ ઓછું કરવામાં આ નિયમનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ધરી અને પૈડાંની વચ્ચે આકૃતિ (૯૫ '૧') પેઠે

(૧) આકૃતિ ૯૫. (૨)





બૉલ–બૅરીંગ

સીધો સંબંધ ન રાખતાં બન્નેની વચ્ચે સખત ધાતુના ગોળા રાખેલા હોય છે (આકૃતિ ૯૫ '૨'). ધરીને ખેંચવાથી પૈડું ફરે છે અને તેને લીધે ધરીની વચ્ચેના ગોળા પણ ફરવા માંડે છે, અને ઘર્ષણબળને ઓછું કરે છે. આવી રચનાને બૉલ–બૅરીંગ (ball-bearing)

કહેવામાં આવે છે. લોલ ઘર્ષણ ઓછું હોવાથી ઘણાંખરાં યંત્રોની ધરીની ફરતે બૉલ–બેરીંગ રાખવાથી ઘર્ષણરૂપે થતો શક્તિનો વ્યય અટકે છે. ફરતાં ચક્રની ધરીમાં તેલ પૂરવાથી ઘર્ષણ બળ ઓછું થાય છે, કારણ કે તેલના અણુ બૉલ–બેરીંગના જેવું કાર્ય કરે છે.

૧૫. ઘર્ષણની અસર અને બ્રેક (Brake). ઘર્ષણને લીધે જ એકવાર ગતિમાં આવેલી વસ્તુ અટકે છે. ઘર્ષણને લીધે જ ઘડિયાળનું લોલક વખત જતાં અટકી જતું હોવાથી તેમાં કમાન વાપરવી પડે છે. એટલું જ નહિ પરંતુ ઘર્ષણને લીધે જ વસ્તુ ગતિમાં આવી શકે છે જો મોટરનાં પૈડાં ફરવા માંડે અને જમીનની સપાટી સાથે બિલકુલ ઘર્ષણ ન થતું હોય તો તે પૈડા આગળ વધવાને બદલે ત્યાંનાં ત્યાં જ ગોળ ફર્યા કરશે, અને આગળ ગતિ કરશે નહિ. આવા બનાવ કેટલીક વાર આગગાડીમાં બને છે. પૈડાં અને પાટા બહુ જ લીસા હોવાથી કોઈક વાર પૈડાં ચક્રાકાર ફરતાં થાય છે. છતાં ગાડી આગળ વધી શકતી નથી. આવી વખતે ઘર્ષણ વધે તેટલા માટે ગાડીનાં પૈડાં આગળ બારીક રેતીની એક પેટી ભરી રાખેલી હોય છે તેમાંથી થોડી રેતીને પાટા ઉપર વેરવામાં આવે છે; આથી પૈડાં અને પાટાની વચ્ચે ઘર્ષણ થવાથી ગાડી ચાલે છે. એ જ પ્રમાણે વસ્તુની ગતિ અટકાવવામા ઘર્ષણ બળનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. કોઈ પણ વાહનની ગતિ એકાએક રોકવાને માટે ‘ બ્રેક ’ રાખવામાં આવે છે. ‘ બ્રેક ’ એટલે પૈડાંની સાથે જેને ચુસ્ત દબાવી દઈ ખૂબ ઘર્ષણ ઉત્પન્ન કરી તેની ગતિને અવરોધીએ તે સાધન. દરેક ઝડપી વાહનમાં બ્રેક રાખવામાં આવે છે. ફરતાં પૈડાંની સાથે બ્રેકને એકાદ ઉચ્ચાલન (lever) જેવાં સાધનથી મજ્બૂત કરી દેવાય કે તરત ફરતાં પૈડાનો વેગ ધીમો પડીને અંતે બંધ પડી જાય છે અને તેથી વાહન થભે છે.

સાર

૧. જેને લીધે સ્થિર વસ્તુ ખસે, અથવા તેમ કરવાનો પ્રયત્ન કરે, અથવા ખસતી વસ્તુના વેગમાં ફેર પડે, અથવા તેવો પ્રયત્ન થાય, તેને બળ કહેવામાં આવે છે. આપણને બળનો ખ્યાલ આપણા સ્નાયુને પહોંચતા શ્રમ વડે જ આવે છે.

૨. એક વસ્તુ ઉપર બળ લાગે તો તેનાથી તેના વેગમાં ફેરફાર થાય છે અથવા તેવો પ્રયત્ન થાય છે. બળની અસર, બળ અને બળ લગાડવાના સમય ઉપર આધાર રાખે છે. બળ અને સમયનો ગુણાકાર તે સંસ્કારબળ (impressed force). જેમ સંસ્કારબળ વધુ તેમ તેની અસર પણ વધુ. વસ્તુના વજન અને વેગનો ગુણાકાર તે વજનવેગ (momentum). વજનવેગની વધઘટનો આધાર સંસ્કારબળ ઉપર રહે છે. ટૂંકમાં "સંસ્કારબળ = વજનવેગમાં થયેલી વધઘટ" અથવા "(બળ × બળ લાગવાનો સમય) = (વજન × વસ્તુના વેગનો ફેરફાર)." આ ઉપરથી બીજી બાબત એ નીકળે છે કે,

બળ = વજન × વસ્તુ ઉપર તે બળ વડે લાગતો પ્રવેગ.

Force = Mass × Acceleration.

૩. ન્યુટનના ત્રણ નિયમો નીચે મુજબ છે:—

(૧) કોઈ પણ વસ્તુ આપમેળે પોતાની અવસ્થા બદલતી નથી એને નિષ્ક્રિયતાનો સિદ્ધાંત કહેવામાં આવે છે. બહારનું બળ ન લાગે ત્યાં સુધી એકસરખી ઝડપથી સીધી લીટીમાં જતી વસ્તુ તે જ દિશામાં તે જ ગતિથી ખસતી રહે છે અને સ્થિર વસ્તુ હંમેશાં સ્થિર જ રહે છે.

(૨) કોઈ વસ્તુને બળ લગાડવામાં આવે તો વસ્તુના વેગમાં થતો ફેરફાર બળની દિશામાં થાય છે. વસ્તુના વજનવેગમાં થતો ફેરફાર સંસ્કારબળ (બળ અને સમયના ગુણાકાર) ઉપર આધાર રાખે છે.

(૩) પ્રત્યેક બળના આઘાત અને પ્રત્યાઘાત સરખા અને પરસ્પર વિરોધી હોય છે. બંદૂકની ગોળી જેટલા આઘાતથી આગળ જાય છે તેટલો જ પ્રત્યાઘાત બંદૂકને પણ લાગે છે

૪. એક જ દિશામાં અને એક જ લીટીમાં લાગતાં બળોનો સરવાળો અથવા બાદબાકી કરવાથી સમાસબળ (resultant force) મળે છે. એક બિંદુએ લાગતાં બે ત્રાંસાં બળનું સમાસબળ સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણુ (parallelogram of forces) રચવાથી મળે છે. સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણની બે બાજુ વડે બન્ને બળ દર્શાવાય, તો તે બેની વચ્ચેનો કર્ણ સમાસબળ દર્શાવે છે. બે કે વધુ બળનું સમાસબળ શૂન્ય આવે તો વસ્તુ સ્થિર રહે છે.

૫. કાર્ય એટલે બળ અને બળની દિશામાં કપયેલાં અંતરનો ગુણાકાર. એક ડાઈન જેટલું બળ એક વસ્તુને એક સેંટીમિટર અંતર ખસેડે તો એક અર્ગ (erg) જેટલું કાર્ય ગણાય છે. એક પાઉંડલ જેટલું બળ એક વસ્તુને એક ફૂટ જેટલાં અંતરે ખસેડે તો એક ફૂટ–પાઉંડલ જેટલું કાર્ય થયેલું ગણાય છે. અર્ગ અને ફૂટ–પાઉંડલ કાર્યના એકમો ગણાય છે.

૬. એક સેકંડમાં જેટલું કાર્ય થાય તેને કાર્યત્વરા અથવા કાર્ય કરવાની ઝડપ કહેવામાં આવે છે. એક સેકંડમાં એક જૂલ (૧૦^{૭} અર્ગ) જેટલું કાર્ય થાય તો તેને એક વૉટ જેટલી કાર્યત્વરા ગણવામાં આવે છે. એક સેકંડમાં ૫૫૦ ફૂટ–પાઉંડ જેટલું કાર્ય થાય તો તેને એક હોર્સપાવર (અશ્વબળ) જેટલી કાર્યત્વરા ગણવામાં આવે છે.

૭. વસ્તુની સ્થિતિ અથવા ગતિ પરત્વે તેમાં રહેલી કાર્ય કરવાની શક્તિને કાર્યશક્તિ (energy) કહેવામાં આવે છે. સ્થિતિ પરત્વે જે શક્તિ હોય તેને અવસ્થાશક્તિ અથવા સ્થિતિશક્તિ કહેવામાં આવે છે. ગતિને લીધે જે શક્તિ હોય છે તેને ગમનશક્તિ કહેવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે, વીંટાળેલી કમાનમાં અવસ્થાશક્તિ છે. પહાડ ઉપર તળાવમાં રહેલાં પાણીમાં અવસ્થાશક્તિ છે. એ પાણી ગતિમય થઈને નીચે વહે ત્યારે તેમાં ગમનશક્તિ હોય છે.

૮. બે વસ્તુ અરસપરસ ગતિમાં આવે તો તે દરેકને ગતિથી ઊલટી દિશામાં ઘર્ષણબળ લાગે છે. ઘર્ષણબળનો આધાર માત્ર સપાટી ઉપર લાગતા શિરોલંબ ભાર અને સપાટીના પ્રકાર ઉપર જ રહે છે. સ્થિર વસ્તુને ગતિમાં લાવવા માટે સ્થિત ઘર્ષણ લાગે તે, ચલિત ઘર્ષણ (વસ્તુને ગતિમાં રાખવાથી લાગતાં ઘર્ષણ) થી વધુ હોય છે. સરતી વસ્તુને લાગતું સરતું ઘર્ષણ, ગબડતી

વસ્તુને લાગતાં લોલઘર્ષણથી વધુ હોય છે. આથી જ પૈંડા અને ધરીની વચ્ચે ગોળ ફરતા દડાને (બૉલ–બૅરીંગ) રાખી ઘર્ષણ ઓછું કરવામાં આવે છે.

પ્રશ્નો

(૧) બળની વ્યાખ્યા આપો. વસ્તુની ગતિમાં અથવા દિશામાં ક્યારે ફેરફાર થાય છે? બળ અને વજનનો સંબંધ દર્શાવો.

(૨) વજનવેગ (momentum) અને સંસ્કારબળની (impressed force) વચ્ચે શો સબંધ છે?

(૩) ન્યુટનના નિયમો લખો. નિષ્ક્રિયત્વના દાખલા આપો.

(૪) બળ, વજન, અને પ્રવેગનો સંબંધ દર્શાવો.

(૫) ૨૫ ગ્રામ વજનના ભારનું બળ કેટલું થાય? ૯૬૦ પાઉંડલ બળ માટે કેટલું વજન જોઈશે? ડાઈન અને પાઉંડલની વ્યાખ્યા આપો.

(૬) આઘાત અને પ્રત્યાઘાત (action and reaction) ના દાખલા આપો.

(૭) એક માણસ ૨૦ રતલનું વજન ૪૦૦ ફૂટ લાંબા રસ્તા ઉપર ચાલીને ૫૦ ફૂટ ઊંચે લઈ જાય તો તે કેટલું કાર્ય કરે છે?

(૮) કાર્યની વ્યાખ્યા લખો. ૫ ગ્રામ વજનને ૧૦ મિટર ઊંચે ચઢાવતાં કેટલું કાર્ય થશે?

(૯) એક વસ્તુને અનેક બળ લાગતાં હોય તો સમાસબળ કેમ શોધશો?

(૧૦) ત્રણ જુદી દિશામાં લાગતાં બળ સમતોલ ક્યારે થશે? સમતોલબળ (equilibrant) કોને કહે છે?

(૧૧) કાર્યત્વરા (power) એટલે શું? કાર્યત્વરાનો એકમ (unit) શું?

(૧૨) કાર્યશક્તિ કેટલા પ્રકારની હોય છે. ઉદાહરણ આપો.

(૧૩) પર્વતના ધાટના પાણીની કાર્યશક્તિના રૂપાંતર ટૂંકમાં વર્ણવો.

(૧૪) શક્તિસંચયનો નિયમ શું સૂચવે છે?

(૧૫) ઘર્ષણ કેમ અને ક્યારે લાગુ પડે છે? ઘર્ષણાંક (co-efficient of friction) કોને કહે છે?

(૧૬) લોલ ઘર્ષણ (rolling friction) ના ફાયદા શા છે? અને તે કેમ ઉપયોગમાં લેવાય છે?

પ્રકરણ ૧૧

યંત્રો

૧. યંત્ર (Machine). સાધારણ રીતે એવી માન્યતા હોય છે કે યંત્ર એટલે અનેક જાતની વિવિધતાવાળાં ઉચ્ચાલનો, ચક્રો અને પટાઓ વડે ચાલતું અને જે વડે અનેકગણું બળ પ્રાપ્ત થઈ શકે તેવું સાધન.

પરંતુ પદાર્થવિજ્ઞાનમાં યંત્રનો અર્થ સાધારણ રીતે નીચેની વ્યાખ્યાથી આપવામાં આવે છે.

" જે સાધન વડે એક છેડે લગાડેલું બળ બીજી કોઈ બાજુએ વત્તાઓછા પ્રમાણમાં અને ગમે તે દિશામાં કાર્ય કરવા માટે મેળવી શકાય તેને યંત્ર કહેવામાં આવે છે. "

ઘણુંખરું યંત્રનો ઉપયોગ બળને વધારવામાં થાય છે. ઉપલી વ્યાખ્યા પ્રમાણે એક ગરગડી (pulley), ઉચ્ચાલન, (lever), સૂડી, કાતર વગેરે સર્વે સાધનોને યંત્ર કહી શકાય છે. આવી જાતનાં સાધનો વડે બળમાં કેટલો વધારો થઈ શકે છે તે સમજવા માટે આપણે પરિબળ (moment of force) અને કાર્યનો સિદ્ધાંત (principle of work) નો આશ્રય લેવો પડશે.

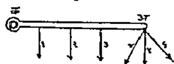
૨. પરિબળ (Moment of Force). પરિબળ શું છે તે પ્રથમ જોઈએ. એક બારી બંધ કરવી હોય તો તેને અનેક ઠેકાણે બળ લગાડી બંધ કરી શકાશે; પરંતુ જો પ્રયોગ કરીશું તો એમ માલૂમ પડશે કે બારીને છેડે અને બારીના છેડાને લંબ દિશામાં

બળ લગાડીએ તો તેની અસર સૌથી વિશેષ થાય છે, અને તેથી 'પ્રમાણમા બળ ઘણુ ઓછુ જોઈએ છે

નીચેના પ્રયોગોથી આ વસ્તુ સ્પષ્ટ થશે.

પ્રયોગ (૧) —ક આગળ જડેના સળિયા અ ક ને ફેરવવા ૧, ૨, અને ૩ એમ ત્રણ જુદીજુદી જગ્યાએ બળ લગાડો (આકૃતિ ૯૧), તે. માલૂમ પડશે કે બળ '૧' સૌથી વિશેષ છે.

આકૃતિ ૯૧



હવે અ આગળ ૪, ૫, અને ૬ એમ ત્રણ જુદીજુદી દિશામા બળ લગાડી સળિયાને ફેરવો તો એ ત્રણ પૈકી બળ '૫' સૌથી ઓછુ આવે છે

ઉપરના બન્ને પ્રયોગ ઉપરથી એ વસ્તુ સ્પષ્ટ થાય છે (૧) ક બિંદુથી જેમ દૂર બળ લગાડવામા આવે તેમ સળિયાને ફેરવવા ઓછુ બળ જોઈએ છે, અને (૨) અ અને ક જોડતી લીટીથી લબ દિશામા બળ હોય તો તે સૌથી ઓછુ હોય છે અને વધુ અસરકારક છે

(૨) —ઉપરના પ્રયોગમા ૧, ૨, ૩ અને ૫ આગળ લગાડેલુ બળ માપો ક થી દરેક બળનુ લબ દિશામા અતર માપો

દરેક બળ અને ક થી તેના અતરનો ગુણાકાર કરો બધા પરિણામની સરખામણી કરો બધા ગુણાકાર સરખા આવે તેની નોધ કરો

પ્રયોગ (૩) —એક લાકડાની માપપટ્ટીને મધ્યમા લટકાવી સમતોલ રાખો લટકાવવાના બિંદુ (ફલક, fulcrum) થી ડાબી બાજુએ ૧૦ સેમિ અંતરે ૩૦ ગ્રામ વજન મૂકો હવે ૧૦, ૧૫, ૨૦, ૨૫, ૫૦ અને ૧૦૦ ગ્રામ વજન લઈ વારાફરતી પટ્ટીની જમણી બાજુએ એવી જગાએ લટકાવો કે જેથી પટ્ટી દરેક વખતે સમતોલ થાય

તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો :—

ડાબી બાજુનું બળ ગ્રામમાં	ડાબી બાજુનું બળનું અંતર સેમિ.	ડાબી બાજુનું પરિબળ ગ્રા. સેમિ.	જમણી બાજુનું બળ ગ્રામમાં	એ બળનું અંતર. સેમિ.	જમણી બાજુનું પરિબળ ગ્રા. સેમિ.
૩૦	૧૦	૩૦૦	૧૦	...	...
			૧૫	...	...
			૨૦	...	...
			૨૫	...	...
			૩૦	...	...

એક બિંદુના આધાર ઉપર ફરી શકે તેવી કોઈ વસ્તુ ઉપર બળ લગાડી તેને ફેરવવામાં પરિબળનો સિદ્ધાંત ધ્યાનમાં રાખવો જરૂરનો છે. આધારબિંદુથી જેમ બને તેમ દૂર બળ લગાડવું, અને જે બિંદુ આગળ બળ લગાડીએ તે બિંદુ અને આધારબિંદુને જોડેલી લીટીની લંબ દિશામાં બળ લગાડવું, બળની અસર આધાર-બિંદુની ફૂલકથી જે દૂરતા હોય તેના ઉપર આધાર રાખે છે, એટલે બળની અસરને પરિબળ (moment of force) કહેવામાં આવે છે. અમુક બળ અમુક અંતરે લગાડવામાં આવે તો તેની કેટલી અસર થાય તેનું માપ પરિબળ બતાવે છે.

પરિબળ = બળ × ફૂલકથી બળનું લંબ અંતર.

Moment of force = Force × Distance of force from fulcrum.

આ ઉપરથી સમજાય છે કે જેમ બળ લગાડવાનું અંતર વધે છે તેમ ઓછાં બળથી તેટલું જ પરિબળ મળે છે; અથવા અમુક

બળને ફલક (આધારબિંદુ, fulcrum) થી જેમજેમ દૂર લગાડીએ તેમતેમ પરિબળ વધતું જાય છે.

ઉપરના પ્રયોગ (૩) માં બન્ને બાજુનું પરિબળ ૩૦૦ ગ્રા. સેમિ. જ આવશે. જેમ વજન નાનું તેમ તેનું ફલકથી અંતર વધુ આવશે. એક બાજુના ૩૦ ગ્રામ વજનને બીજી બાજુએ લગાડેલાં ૧૦, ૧૫, ૨૦, ૨૫ અને ૩૦ ગ્રામ વજનથી પણ સમતોલ કરી શકાય છે. ૩૦ ગ્રામ વજનને ૧૦ સેમિ. અંતરે લગાડેલું હોવાથી તેનું પરિબળ પણ ૩૦૦ ગ્રા. સેમિ. થાય છે.

૩. કાર્યનો સિદ્ધાંત (**Principle of Work**). કેટલાંક યંત્રોમાં કાર્યના સિદ્ધાંત વડે બળ કેટલાગણું થઈ શકે તે કાઢવું સહેલું થઈ પડે છે. કાર્યનો સિદ્ધાંત આગળ દર્શાવી ગયા છીએ. એ સિદ્ધાંત પ્રમાણે:—

એક યંત્ર ઉપર જેટલું કાર્ય કરવામાં આવે તેટલું જ કાર્ય યંત્ર આપણને આપી શકે છે.

કાર્ય એટલે 'બળ × અંતર' હોવાથી કોઈ યંત્રથી નાના બળને અનેકગણું કરવામાં આવે તો આપણે તે નાના બળને, પ્રાપ્ત થતાં મોટાં બળના ખસવાનાં અંતરના કરતાં, લાંબા અંતર સુધી લગાડવું પડે છે.

એટલે "બળમાં ફાયદો થાય છે ત્યારે અંતરમાં ગેરફાયદો થાય છે." (What is gained in force is lost in distance). જુદાંજુદાં યંત્રથી તથા ફાયદા તપાસીશું ત્યારે આ નિયમ બરાબર ધ્યાનમાં આવશે. કાર્યના સિદ્ધાંતમાં એક બાબત એ ધ્યાનમાં રાખવાની જરૂર છે કે હંમેશાં થોડું કાર્ય ઘર્ષણના અવરોધથી નકામું જાય છે, એટલે કોઈ પણ યંત્રથી પ્રાપ્ત થયેલું કાર્ય અર્પેલાં કાર્યથી ઓછું જ થાય છે. માત્ર આદર્શ (ideal) ઘર્ષણ વિનાનું યંત્ર હોય

તેમાં જ કાર્યનો સિદ્ધાંત ખરો ઠરે છે; પરંતુ જેમજેમ ઘર્ષણબળ ઓછું કરતા જઈએ, તેમતેમ આ બન્નેનો તફાવત ઓછો થતો જાય છે. એટલે એક યંત્રની કાર્યસાધકતા (efficiency) કેટલી છે તે પણ જાણવું જોઈએ. જે યંત્રમાં ઘર્ષણબળ ઓછું હોય તેની કાર્યસાધકતા વધુ હોય છે.

૪. કાર્યસાધકતા (**Efficiency**) અને યાંત્રિક ફાયદો (**Mechanical Advantage**). એક યંત્રમાં વત્તુંઓછું બળ વાપરીને અથવા વિદ્યુત, ઉષ્ણતા જેવી શક્તિ વડે જેટલું કાર્ય કરવું પડે છે તેને અર્પેલું કાર્ય (work put in) કહેવામાં આવે છે. એને પરિણામે યંત્ર જે ઉપયોગી કાર્ય પેદા કરે છે તેને ઉત્પાદન કાર્ય (work obtained) કહેવામાં આવે છે. ઘણુખરું ઉત્પાદન કાર્ય અર્પેલાં કાર્ય કરતાં હંમેશાં ઓછું જ હોય છે. એટલે સૌથી શ્રેષ્ઠ યંત્ર વડે પણ જેટલું અર્પેલું કાર્ય હોય તેટલું જ કાર્ય ઉત્પાદન થઈ શકે છે. જુદાંજુદાં યંત્રોની કાર્ય ઉત્પાદન કરવાની શક્તિને સરખાવવા માટે કાર્યસાધકતા (efficiency) માપવામાં આવે છે.

કાર્યસાધકતા એટલે એક યંત્ર વડે ઉત્પાદન થતાં ઉપયોગી કાર્ય અને અર્પેલાં કાર્યનો ગુણોત્તર. (Efficiency is the ratio of useful work obtained from a machine to the work put in.)

કોઈ પણ યંત્રની કાર્યસાધકતા એકની સંખ્યાથી હંમેશાં ઓછી જ હોય છે.

$$\text{કાર્યસાધકતા} = \frac{\text{ઉત્પાદન કાર્ય}}{\text{અર્પેલું કાર્ય}}$$

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{work obtained}}{\text{work put in}}$$

એ ઉપરાંત યંત્ર વડે બળ કેટલું વધે છે તે પણ જાણવું જરૂરનું છે. યંત્રદ્વારા મળતું બળ (force obtained) અને યંત્રમાં લગાડવામાં આવેલું બળ (force applied) એ બેના ગુણોત્તર (ratio) ઉપરથી યાન્ત્રિક ફાયદો માલૂમ પડે છે. યંત્રનો ખાસ ફાયદો એ જ છે કે નાના બળ વડે મોટું બળ પ્રાપ્ત કરી શકાય છે.

યાન્ત્રિક ફાયદો (Mechanical Advantage)

$$= \frac{\text{પ્રાપ્ત થયેલું બળ}}{\text{લગાડવામાં આવેલું બળ}} = \frac{प}{ल} = \frac{\text{Force obtained}}{\text{Force applied}}$$

૫. ઉચ્ચાલન (Lever) પ્રયોગ—એક લાકડાની પટી લઈ તેને મધ્યમાંથી લટકાવી સમતોલ કરો (આકૃતિ ૯૯) હવે એક બાજુ બળ ल લટકાવો અને તેને સમતોલ કરવા બીજી બાજુ प બળ લગાડો. ફલક (આધારબિંદુ) થી ल અને प નું અંતર માપો. ધારો કે ल નું અંતર $अ_1$ છે અને प નું અંતર $अ_2$ છે. એ જ પ્રમાણે प અને ल ને જુદે જુદે અંતરે લગાવી ફરીથી સમતોલ કરો. તમારા અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો —

ल	प	$अ_1$	$अ_2$	ल નું પરિબળ $= ल \times अ_1$	प નું પરિબળ $= प \times अ_2$

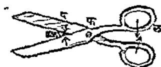
ઉપરના પ્રયોગ વડે માલૂમ પડે છે કે ल બળને લગાડવાથી प બળ પ્રાપ્ત થાય છે, અને લનું અને પનું પરિબળ સરખું થાય છે. प બળને ફલકથી નજીક રાખીને ल ને જેમ દૂર લઈ જવામાં આવે તેમ તે બળ ઓછું જોઈએ છે. આ જાતના સાદા યંત્રની મદદથી નાના બળ વડે મોટું બળ ઊંચકી શકાય છે અને તેને

ઉચ્ચાલન કહેવામાં આવે છે. એ યંત્રથી થતો યાંત્રિક ફાયદો પાછળ બતાવ્યો છે.

આકૃતિ ૯૭ (૧).

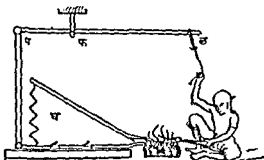


આકૃતિ ૯૭ (૨).



આકૃતિ (૯૭) નાં સર્વ ચિત્રો જુદીજુદી જાતનાં ઉચ્ચાલન-યંત્રો બતાવે છે. દરેક યંત્રમાં फ, ફલક (fulcrum) બતાવે છે, ह, લગાડેલું બળ બતાવે છે અને प, પ્રાપ્ત થયેલું બળ બતાવે છે.

આકૃતિ ૯૭ (૩).

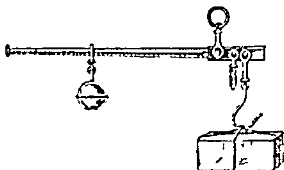


એ દરેક ચિત્રમાં લગાડેલું બળ ह હમેશાં પ્રાપ્ત થયેલાં બળ प કરતા ઓછું હોય છે એટલે નાના બળને મોટું કરી શકાય છે.

આકૃતિ (૯૭'૧') માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક લાકડી વાપરવાથી નાના બળ વડે ઘણું મોટું વજન ખસેડી શકાય

આકૃતિ (૯૭'૨') માં બતાવેલી હાથાવાળી કાતર વાપરવાથી ધાતુનાં સખત પતરાં પણ થેાડા બળ વડે કાપી શકાશે. આકૃતિ (૯૭'૩') માં લુહારની ધમણ બતાવી છે. એક લાંબી દાંડીને ટૂંકે

આકૃતિ ૯૮.

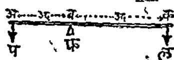


છેડે ધમણનેા પડદેા બાંધી, લાંબે છેડે બળ લગાડવાથી બળાં અનેકગણું કરી શકાય છે.

આકૃતિ (૯૮) માં એક તેાલકાંટેા બતાવ્યેા છે. એમાં જે ભારે વસ્તુનું વજન કરવું હેાય તેને ટૂંકી દાંડીને છેડે લટકાવવામ આવે છે. એક નાનાં વજનને લાંબે છેડે લટકાવવાથી એ મેાટ વજનને સમતેાલે છે. દાંડી ઉપર તેાલનાં માપ પ્રમાણસર લખ઼ દેવાથી ગમે તે વસ્તુનું વજન એક જ કાટર વડે કાઢી શકાય છે.

૬. ઉચ્ચાલન વડે થતેા યાંત્રિક ફાયદેા. ઉચ્ચાલનયંત્ર વડે યાંત્રિક ફાયદેા કેટલેા થાય છે તે પ્રાપ્ત થયેલાં બળ પ ને લગાડેલાં બળ લ ના ગુણેાત્તરથી જણાય છે. આકૃતિ (૯૯) માં ધારેા કે લ અને પ એક બીજાને સમતેાલે છે. પરિબળના સિદ્ધાંતનેા આ યંત્રમાં ઉપયેાગ કરીએ તેા માલૂમ પડશે કે લનું પરિબળ અને પનું પરિબળ (moment of force) સરખું જ હેાવું જોઈએ.

આકૃતિ ૯૯.



ल નું પરિબળ = $\text{ल} \times$ અંતર = $\text{ल} \times \text{अ}_1$

प નું પરિબળ = $\text{प} \times$ અંતર $\times\, \text{प} \times \text{अ}_2$

એટલે $\text{प} \times \text{अ}_2 = \text{ल} \times \text{अ}_1$, એટલે $\frac{\text{प}}{\text{ल}} = \frac{\text{अ}_1}{\text{अ}_2}$

$$\text{યાંત્રિક ફાયદો} = \frac{\text{પ્રાપ્ત થયલું બળ (प)}}{\text{લગાડેલુ બળ (ल)}} = \frac{\text{अ}_1}{\text{अ}_2}$$

આકૃતિ (૯૭)માં જોઈશું તેા માલૂમ પડશે કે ધમણને થેાડી ઊંચાવવાથી આપણને ल ને प કરતાં ઘણું લાંબું અંતર ખસેડવું પડે છે. આ ઉપરથી આપણે સ્પષ્ટ જોઈ શકીએ છીએ કે ઉચ્ચાલન વડે પ્રાપ્ત થતું બળ જેમ વધતું જાય છે તેમ લગાડેલાં બળને પ્રમાણમાં વધુ અંતર સુધી ખસેડવું પડે છે.

૭. ઉચ્ચાલનના ત્રણ પ્રકાર. ઉપર દર્શાવેલાં સર્વ ઉચ્ચાલનેા પહેલા પ્રકારનાં ઉચ્ચાલનેા કહેવાય છે. ફલક, લગાડલું બળ, અને પ્રાપ્ત થયેલું બળ એ સર્વ ઉચ્ચાલન ઉપર કયી જગાએ આવેલાં છે તેના ઉપર આધાર રાખી ઉચ્ચાલનેાને ત્રણ વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવ્યાં છે.

પહેલા પ્રકારનું ઉચ્ચાલન

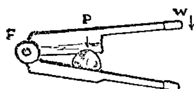
એ ઉચ્ચાલનમાં ફલક વચ્ચે હેાય છે અને લગાડેલું બળ ફલકની એક બાજુ હેાય છે અને પ્રાપ્ત થયેલું બળ ફલકની બીજી બાજુ હેાય છે. એમાં યાંત્રિક ફાયદેા વધુ કે એાછેા પણ હેાય

છે, અને તેનો આધાર લગાડેલાં અને પ્રાપ્ત થયેલાં બળના બિંદુથી ફલકના અંતર ઉપર રહે છે. કાતર, ધમણ કે તોલકાંટો એ સર્વ આ જાતનાં ઉચ્ચાલનોના પ્રકાર છે.

બીજા પ્રકારનું ઉચ્ચાલન

આકૃતિ (૧૦૦) માં બતાવેલી સોપારી ભાંગવાની સૂડી એ બીજા પ્રકારનું ઉચ્ચાલન છે. એમાં ફલક F (फ) એક નાકે હોય છે, તેના ઉપર પ્રાપ્ત થતું બળ P (प) જે વડે સોપારી ભાંગવામાં આવે તે વચ્ચે હોય છે, અને દૂરના છેડે હાથ વડે બળ W (ल) લગાડવામાં આવે છે. આ ઉચ્ચાલનમાં પણ, લગાડેલું બળ પ્રાપ્ત થતાં બળ કરતાં ફલકથી દૂર હોવાથી, પ્રાપ્ત થતું બળ હંમેશાં વિશેષ હોય છે અને યાંત્રિક ફાયદો વધુ હોય છે.

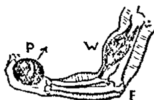
આકૃતિ ૧૦૦.



ત્રીજા પ્રકારનું ઉચ્ચાલન

આકૃતિ (૧૦૧) માં માણસનો હાથ બતાવેલો છે. હથેલી ઉપર વજન P મૂકેલું છે. કોણી આગળ ફલક (fulcrum) F હોય છે; કારણ કે હાથ કોણી આગળથી વળે છે. કોણીથી સહેજ દૂર ખભાને અને હાથને જોડતી નસો આવેલી છે. એ નસોને થોડી ખેંચવાથી હથેલીને ઘણા લાંબા અંતર સુધી ખેંચી શકાય છે. એટલે

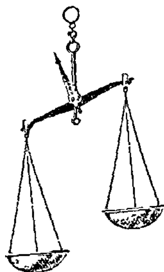
આકૃતિ ૧૦૧.



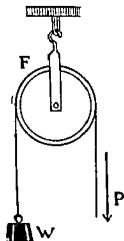
લગાડેલું બળ W, ફલક F અને પ્રાપ્ત થયેલાં બળ P ની વચ્ચે તીરની દિશામાં લાગુ પડે છે. દેવતાના અંગારા ઊંચકવાનો ચીપિયો પણ આ પ્રકારનું ઉચ્ચાલન છે. એ ઉચ્ચાલનમાં પણ બીજા પ્રકારની પેઠે ફલક એક નાકે હોય છે, પરંતુ પ્રાપ્ત થતું બળ બીજે નાકે હોય છે. આથી પ્રાપ્ત થતાં બળમાં વધારો થતો નથી અને યાંત્રિક ગેરફાયદો થાય છે, અને નાનું બળ પ્રાપ્ત કરવા માટે મોટું બળ લગાડવું પડે છે. આ ઉચ્ચાલનથી લગાડેલાં બળને થોડાં અંતર સુધી ખસેડવાથી પ્રાપ્ત થતાં બળને લાંબે અંતર સુધી ખસેડી શકાય તેટલો ફાયદો થાય છે.

૮. ત્રાજવું (Balance). સાધારણ ઉપયોગમાં વપરાતાં દાંડીવાળાં ત્રાજવામાં પણ ઉપર દર્શાવેલા નિયમનો ઉપયોગ કરવામાં આવેલો છે. એક દાંડી લઈને તેને વચ્ચે ફલક (fulcrum) આગળ બાંધી બન્ને બાજુએ સરખે અંતરે બે સરખાં વજન રાખીએ તો દાંડી સમતોલ રહે છે; કારણ કે બન્ને વજન સરખાં છે અને બન્નેનાં અંતર પણ ફલકથી સરખાં છે. આથી બન્ને વજનનાં પરિબળો (moments of forces) પણ સરખાંજ છે. પ્રયોગશાળામાં વપરાતા તીવ્ર (sensitive) ત્રાજવાંની રચના આકૃતિ (૧૬) માં બતાવવામાં આવી છે.

આકૃતિ ૧૦૨.



આકૃતિ ૧૦૩ અ.

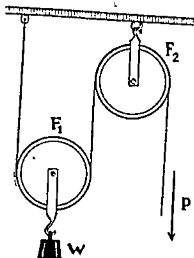


૯. ગરગડી (Pulley). પ્રયોગ (૧) આકૃતિ (૧૦૩અ) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એ ગરગડી F લો. તેની એક બાજુ ભારે વજન W લટકાવો. બીજી બાજુ એક કમાનકાંટાને બાં W ને તે વડે ઊંચે ખેંચો. કમાનકાંટા ઉપ કેટલુ બળ P લગાડ્યું તે આંકપટી ઉપર નોંધો. P ને X અંતર નીચે ખેંચીએ તો W કેટલુ Y અંતર ઊંચે ચડે છે તે નોંધે જુદાંજુદાં વજનો W આગળ લગાડી તે દરેક માટે P આગળ કેટલાં વજનો લગાડવાં પ છે તે શોધી કાઢો. તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

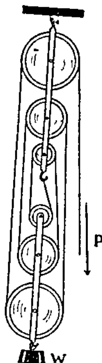
P	W	X	Y	P × X	W × Y	યાંત્રિક ફાયદો $\frac{W}{P}$	$\frac{X}{Y}$	કાર્યસાધકતા $\frac{W \times Y}{P \times X}$

(૨) આકૃતિ (૧૦૩-બ) માં બતાવ્યા મુજબ એક છૂટી ગરગડી P_1 લો અને તેની ફરતે દોરી પસાર કરી તેને એક જડેલી ગરગડી P_2 ની

આકૃતિ ૧૦૩-ખ.



આકૃતિ ૧૦૩-ક.



ફરતેથી પસાર કરો. F_1 ના આંકડામાં W વજન લટકાવો અને F_2 ની ફરતેથી પસાર થતી દોરીના છેડે એક કમાનકાંટો બાંધી તે વડે W ને ઊંચે ખેંચો. કમાનકાંટાનો આંકડો વાંચી કેટલું બળ P લગાડવું પડે છે તે નોંધો. P ને X અંતર નીચે ખેંચીએ ત્યારે W જેટલું Y અંતર ઊંચે જાય છે તે નોંધો. અવલોકન ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે નોંધો. W આગળ જુદાંજુદાં વજન લટકાવી ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો.

(૩): ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી આકૃતિ (૧૦૩-ક) માં બતાવ્યા મુજબની ત્રણ છૂટી અને ત્રણ જડેલી ગરગડી લઈ કરો અને અવલોકન ઉપર પ્રમાણે નોંધો.

એક ગોળ ચક્ર લઈ એની ફરતેની કિનારની વચ્ચે એક વેળ (groove) પાડી મધ્યમાં પસાર થતી એક ધરીમાંથી લટકાવવામાં આવે, તો એ સાધનનો એક ગરગડી તરીકે ઉપયોગ કરી શકાશે.

પ્રયોગ (૧) માં એક સ્થિત ગરગડી (single fixed pulley) લેવામાં આવી છે. એમાં P બળ લગાડવાથી W બળ ઊંચું શકાય છે. જો P ને અમુક અંતર X ખેંચીએ તો W પણ તેટલું જ અંતર $Y = X$ ઊંચે ચઢે છે.

એટલે, P થી થયેલુ કાર્ય $= P \times X$

અને, W થી ,, ,, $= W \times X$

હવે યંત્રના નિયમ મુજબ

યંત્ર ઉપર કરેલુ કાર્ય = યંત્ર વડે પ્રાપ્ત થયેલુ કાર્ય

એટલે, $P \times X = W \times X$, અથવા $P = W$

અને, યાત્રિક ફાયદો $= \frac{\text{પ્રાપ્ત થયેલુ બળ}}{\text{લગાડેલુ બળ}} = \frac{W}{P} = 1$

પ્રયોગ (૧) ના છેલ્લાં ખાનામાંથી આ વસ્તુ સ્પષ્ટ થાય છે.

આ ઉપરથી એમ લાગે છે કે જેટલું બળ લગાડવામાં આવે તેટલું જ બળ આ ગરગડી વડે ઊંચકી શકાય છે અને યાત્રિક ફાયદો '૧' જ મળે છે. આમ છતાં આ ગરગડીને યંત્ર કહેવામાં આવે છે; કારણ કે એક છેડે અને અમુક દિશામાં બળ લગાડવામાં આવે છે તે બળ બીજે છેડે અને બીજી દિશામાં મળે છે.

પ્રયોગ (૨) માં એક છૂટી ગરગડી લેવામાં આવી છે. એમાં એક છેડે દોરી જડેલી છે અને બીજો છેડો એક છૂટી ગરગડીની ફરતે થઈને એક સ્થિત ગરગડીની ફરતે કરે છે. એ છેડે બળ P લટકાવવામાં આવે છે અને ઊંચકવાનું (પ્રાપ્ત થતું) બળ W છૂટી ગરગડી P_1 ની સાથે લટકાવવામાં આવે છે. હવે P ને જો 2 X અંતર નીચે ઊતારીએ તો W માત્ર X અંતર ઊંચે ચઢે છે. કાર્યના સિદ્ધાંત પ્રમાણે,

$$\text{કરેલું કાર્ય} = P \times 2X$$
$$\text{પ્રાપ્ત થયેલું કાર્ય} = W \times X$$

એટલે, $W \times X = P \times 2X$

અથવા, $W = 2P$, અને યાંત્રિક ફાયદો $= \frac{W}{P} = 2$

આ બાબત ઉપરના પ્રયેાગ (૨) ની નેાંધ વડે સ્પષ્ટ થશે. આ ગરગડી વડે લગાડેલું બળ બમણું થાય છે, એટલે યાંત્રિક ફાયદો ' ૨ ' મળે છે.

એ જ પ્રમાણે પ્રયેાગ (૩) માં ત્રણ છૂટી અને ત્રણ સ્થિત ગરગડીએા છે. દોરીનેા એક છેડેા સ્થિત ગરગડીએ બાંધી વારાફરતી છ યે ગરગડીની ફરતે ફેરવી વાળી બીજે છેડે બળ P લગાડેલું છે અને ઊંચકવાનું બળ W છૂટી ગરગડીને નીચલે છેડે લટકાવ્યું છે. હવે P ને $6 \times X$ જેટલું અંતર ખેંચીએ ત્યારે W માત્ર X અંતર ઊંચે ચઢે છે. એટલે કાર્યના સિદ્ધાંત પ્રમાણે,

$$\text{કરેલુ કાર્ય} = \text{પ્રાપ્ત થયેલુ કાર્ય}$$
$$P \times 6X = W \times X$$

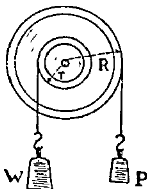
એટલે, $W = 6P$, અને યાંત્રિક ફાયદો $= \frac{W}{P} = 6$

પ્રયેાગમાંથી પણ એ વસ્તુ સ્પષ્ટ થાય છે. આવી રચનાથી બળ છગણું કરી શકાય છે. આવી ગરગડીનેા ઉપયેાગ ઈમારતી કામકાજમાં, ઊંટડા વડે ભારે વજન ઊંચકવામાં વગેરે કાર્યમાં થાય છે.

એ જ પ્રમાણે જેમ છૂટી ગરગડીની સંખ્યા વધારતા જઈએ તેમ યાંત્રિક ફાયદેા પણ વધતેા જાય છે. પરતુ સાથે એટલું પણ માલૂમ પડે છે કે જેમ યાંત્રિક ફાયદેા વધે છે તેમ લગાડેલાં

બળને લાંબો વખત ખેંચવું પડે છે. એટલે બળમાં જેટલો ફાયદો થાય તેટલો અંતરમાં ગેરફાયદો થાય છે.

આકૃતિ ૧૦૩–ડ.



૧૦. ધરી અને ચક્ર (Wheel and Axle). પ્રયોગઃ—આકૃતિ (૧૦૩–ડ) : બતાવ્યા મુજબ એક જાડી ધરીવાળું ચક્ર લે (આકૃતિમાં વચ્ચેનું નાનું વર્તુલ ધરીનો છે બતાવે છે અને બહારનું વર્તુલ મોટાં ચક્રનો છે બતાવે છે. નાનાં વર્તુલની ત્રિજ્યા r છે અ મોટાંની R છે.) ધરીને એક દોરી બાંધી તે વડે એક ભારે વજન W લટકાવો અને તે બીજાં હલકાં વજન P ને ચક્રને છેડે બાં સમતોલો. ધરી અને વર્તુલના કેન્દ્રથી W વજન r અંતરે લાગે છે અને P વજન R અંતરે લાગે છે. એટલે,

$$W \text{ નું પરિબળ} = P \text{ નું પરિબળ.}$$

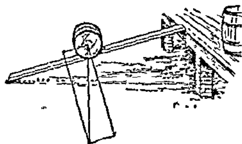
$$W \times r = P \times R$$

$$\text{યાંત્રિક ફાયદો} = \frac{W}{P} = \frac{R}{r} = \frac{\text{ચક્રની ત્રિજ્યા}}{\text{ધરીની ત્રિજ્યા}}$$

ઉપરના પ્રયોગથી સમજાય છે કે ધરી અને તેની સાથે જોડેલાં મોટા ચક્રવડે યાંત્રિક ફાયદો મેળવી શકાય છે.

૧૧. ઢાળ (Inclined Plane). ઉંચા પર્વત ઉપર ચઢતી વખતે એકદમ સીધા (steep) ઢાળ ઉપર ચઢવાથી થાક લાગે છે, પરંતુ જો એ જ રસ્તો વળાંકવાળો અને ઓછા ઢાળવાળો હોય તો થાક ઓછો લાગે છે. એક પીપને દુકાનના ઉંચા ઓટલા ઉપર સીધું ઉંચકીને ચઢાવવામાં મુસીબત પડે છે, પરંતુ એકાદ લાંબાં

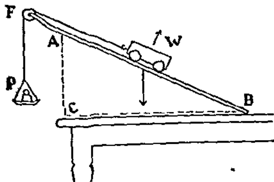
આકૃતિ ૧૦૪.



પાટિયાને આકૃતિ (૧૦૪) માં બતાવ્યા મુજબ મૂકી તેના ઉપર પીપને ગબડાવી ઊંચે ચઢાવવું સહેલું પડે છે. જેમ ઢાળ લાંબો તેમ બળ ઓછું લગાડવું પડે છે. આકૃતિ (૧૦૪) માં પીપના મધ્યમાંથી ત્રણ તીરવાળી લીટી દોરેલી છે. તેમાં મધ્યની લીટી પીપનો કુલ ભાર સૂચવે છે, ઉપરની પાટિયાની સમાન્તર લીટી પીપને ઊંચે ચઢાવવાનું બળ દર્શાવે છે, અને જમણી બાજુની લીટી પાટિયા ઉપર લાગતો ભાર દર્શાવે છે. એ ઉપરથી સમજાય છે કે પીપના ભાર કરતાં ઘણું ઓછું બળ પીપને ઊંચે ચઢાવવા માટે જોઈએ છે.

પ્રયોગ:—આકૃતિ (૧૦૫) માં બતાવ્યા મુજબ એક ઢાળ A B લો. તેના ઉપર એક ગબડી શકે તેવો પૈડાવાળો ખુલ્લો ડબ્બો મૂકો. ધારો કે તેમાં ભાર W છે. તેને બાંધી ગરગડી F ઉપરથી પસાર કરી દોરીને બીજે છેડે પલ્લું લટકાવો. ઢાળ ઉપરના વજન W ને ઊંચે ખેંચવા પલ્લામાં વજન વધારતા જાઓ. જ્યારે વજન W ઊંચે

આકૃતિ ૧૦૫.



ચઢવા માંડે ત્યારે પલ્લામાં કેટલું વજન P મૂકવું પડ્યું છે તે નોંધ કરો. ઢાળની લંબાઈ A B $(=l)$ નું અને ઢાળની ઊંચાઈ A C $(=h)$ નું માપ લો.

ઢાળનો ખૂણો મોટો કરી ફરીથી બે ત્રણ વાર ઉપરનો પ્રયોગ કરી અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો;

W	P	A C $= h$	A B $= l$	l/h	$W \times h$	$P \times l$	યાંત્રિક ફાયદો $= W/P$

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે ભારે વજન W ને ઓછાં વજન P વડે ખેંચી શકાય છે. જેમ ઢાળની ઊંચાઈ A C ઓછી (એટલે કે A B C ખૂણો જેમ નાનો) તેમ P બળ ઓછું જોઈએ છે.

P વજન l અંતર ખસે છે એટલે,

$$P \text{ વડે થયેલું કાર્ય} = P \times l$$

અને W ભાર B C સપાટીથી A જેટલે, એટલે કે A B $(= h)$ ઊંચાઈએ જાય છે એટલે,

$$W \text{ વડે થયેલું કાર્ય} = W \times h$$

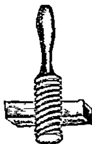
પ્રયોગ ઉપરથી સમજાય છે કે, $P \times l = W \times h$

એટલે, $\text{યાંત્રિક ફાયદો} = \frac{W}{P} = \frac{l}{h} = \frac{\text{ઢાળની લંબાઈ}}{\text{ઢાળની ઊંચાઈ}}$

ઢાળની સપાટી ઉપર પણ ઘર્ષણ લાગતું હોવાથી સામાન્ય રીતે યાંત્રિક ફાયદો W/P હંમેશાં l/h થી ઓછો જ આવે છે.

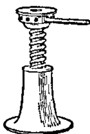
આ ઉપરથી લાગે છે કે ઢાળથી પ્રાપ્ત થતાં બળમાં ઢાળની લંબાઈ અને ઊંચાઈના ગુણોત્તર (ratio) જેટલા પ્રમાણમાં વધારો થાય છે. ફાચર, કુહાડી વગેરેનું કાર્ય પણ ઢાળના સિદ્ધાંત ઉપર આધાર રાખે છે.

આકૃતિ ૧૦૬.



૧૨. સ્ક્રૂ (Screw). સ્ક્રૂ વડે બળનો વધારો કરી શકાય છે. સ્ક્રૂની રચના જાણીતી છે (આકૃતિ ૧૦૬). એક સીધા સળિયા ઉપર એક બાજુ ત્રાંસો વેળ અથવા કોતરેલી ધાર (groove) શરુ કરી ચક્રાકાર ફેરવી બીજે છેડે સુધી લઈ જવાથી સ્ક્રૂ તૈયાર થાય છે. એ સ્ક્રૂને માટે બંધબેસતો પેચ (nut) પણ એવી જ રીતે તૈયાર કરવામાં આવે છે. પેચના વેળનું અને સ્ક્રૂના વેળનું અંતર એકસરખું જ હોવાથી સ્ક્રૂ પેચની અંદર ફરે છે.

આકૃતિ ૧૦૭.



જેક સ્ક્રૂ

જેક સ્ક્રૂ, નાના બળ વડે મોટા વજન ઊચકવામાં કામ આવે છે (આકૃતિ ૧૦૭). એ સ્ક્રૂને માથે લગાડવામાં આવેલા હાથાને P બળ લગાડવામાં આવે છે. એ બળ સ્ક્રૂના મથાના ઉપર રાખેલા વજનને W બળથી ઊંચું કરે છે. સ્ક્રૂના હાથાને એક પૂર્ણ વર્તુલમા ફેરવીએ તો આખો સ્ક્રૂ એક વેળ જેટલું ઊંચે ચઢે છે. ધારો કે હાથાની લંબાઈ l છે અને સ્ક્રૂના વેળનો ગાળો (ઊંચાઈ, pitch) h છે. P બળ હાથાના છેડાના ગોળ ફરવાથી થતાં વર્તુલ જેટલું અંતર ખસે છે, જ્યારે સ્ક્રૂના માથા ઉપરથી ઊંચકાતું W બળ h જેટલું અંતર ઊંચે ચઢે છે.

આથી, કરેલું કાર્ય $= P \times$ હાથા વડે થયેલાં વર્તુલની લંબાઈ

$$= P \times 2 \pi l$$

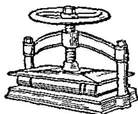
પ્રાપ્ત થયેલું કાર્ય $= W \times h$

$$W \times h = P \times 2 \pi l$$

અને યાંત્રિક ફાયદો $= \frac{W}{P} = \frac{2 \pi l}{h}$

આ ઉપરથી લાગે છે કે જેમ l (હાથાની લંબાઈ) વધુ હોય અને h (વેળનો ગાળો) ઓછો હોય તેમ યાંત્રિક ફાયદો વધતો જાય છે. આને લીધે ટૂંકા વેળવાળો સ્ક્રૂ વધુ ફાયદાકારક છે.

આકૃતિ ૧૦૮.



બૂક પ્રેસ

પુસ્તકના પ્રેસ (book-press) બનાવામાં આ સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ થાય છે. ઉપલા ગોળ હાથા ઉપર થોડું બળ લગાડવાથી આગળ દર્શાવેલા પ્રમાણમાં વધુ બળ પ્રાપ્ત થાય છે. હાથ વડે ઉપલું ચક્ર પુરેપુરું એક વર્તુલ ફરે છે ત્યારે નીચે રાખેલું પુસ્તક સ્ક્રૂના વેળના ગાળા (pitch) જેટલું દબાય છે. લાકડાં જડવામાં અને સુતારી કામમાં સ્ક્રૂનો ઘણો જ ઉપયોગ થાય છે. લાકડાંના સાંધા જડવા માટે વપરાતા સ્ક્રૂનું માથું મોટું હોય છે અને સ્ક્રૂના વેળ ઝીણા હોય છે. સ્ક્રૂ ડ્રાઈવર વડે લગાડેલું બળ સ્ક્રૂના માથાને છેડે લાગે છે અને એ બળ ઘણું મોટું થવાથી સ્ક્રૂને લાકડાંની અંદર માર્ગ કરવાનું સરળ થઈ પડે છે.

૧૩. છેડા વિનાનો સ્ક્રૂ. છેડા વિનાના સ્ક્રૂનો સળિયો આગળ વધતો નથી, પરતુ એક જ જગ્યાએ ફર્યા કરે છે. એની સાથે એક દાંતાવાળું ચક્ર જોડેલું હોય છે. સ્ક્રૂને એક આખુ ચક્ર ફેરવામાં

આવે એટલે દાંતાવાળા ચક્રનો એક દાંતો આગળ ખસે છે. દાંતાવાળા ચક્રને એક મોટાં પૈડા સાથે જોડીને પૈડાંને છેડે એક વજન લગાડ્યું હોય તો દાંતાના પ્રમાણમાં નાના બળ વડે મોટું વજન ઊંચકી શકાય છે. સો દાંતા હોય તેવા ચક્રની સાથે જોડેલાં સ્ક્રૂને સો વખત ફેરવીએ ત્યારે દાંતાવાળું ચક્ર એક આખું વર્તુલ ફરશે, એટલે બળમાં ઓછામાં ઓછો સોગણો વધારો થશે.

૧૪. આર્કિમિડિસનું સ્ક્રૂ. આર્કિમિડિસના સ્ક્રૂમાં એક લાંબી ધરી ઉપર સ્ક્રૂઆકારે એક પોલી નળી વીંટેલી હોય છે (આકૃતિ ૧૦૯). એ સ્ક્રૂનો નીચેનો છેડો પ્રવાહીમાં ડૂબેલો છે અને એ સ્ક્રૂની ધરીને ત્રાંસી રાખી ગોળ ફેરવામાં આવે છે. એમ કરવાથી પોલી નળીવાટે પાણી ઊંચે ચઢે છે અને ઉપલે છેડેથી બહાર આવે છે. આનું કારણ એ હોય છે કે ધરીની ઉપર રહેલો નળીનો ભાગ તેનાથી આગળના ભાગની નળી કરતાં વધુ ઊંચાઈએ હોય છે એટલે પાણી નળીમાં આગળ વધે છે. એ નીચેનો ભાગ ઉપર આવે એટલે પાણી વળી પાછું નળીના આગળના ભાગમાં જાય છે. આમ

આકૃતિ ૧૦૯.

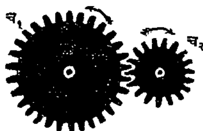


છેવટે નળીના ઉપલા મુખવાટે પાણી બહાર પડે છે. એમાં પણ સ્ક્રૂને ફેરવવાનું બળ ઘણું ઓછું હોય છે; કારણ કે સ્ક્રૂને એક આખો આંટો ફેરવીએ ત્યારે પાણી એક વેળના ગાળા જેટલું ઊંચે ચઢે છે. આ જ નિયમ ઊલટા સ્વરૂપમાં સ્ટીમરના સ્ક્રૂવાહક (screw-propeller) માં ઉપયોગમાં લેવાય છે. સ્ક્રૂને ગતિ આપવાથી તેમાં થઈને પાણી આગળ ધસે છે. આખા સ્ક્રૂને પાણીમાં ડુબાવી ચક્રગતિ આપવામાં આવે તો પાણી એક બાજુથી દાખલ થઈને

બીજી બાજુએ બહાર નીકળવા પ્રયત્ન કરે છે; પરતુ બન્ને બાજુ પાણીનું દબાણ સમતોલ હોવાથી પાણી ખસી શકતું નથી એટલે સ્ક્રૂ જ સ્ટીમર સાથે પાણીમાં આગળ વધે છે.

૧૫. દાંતાચક્રો (Gears). એક ચક્ર ફેરવવાથી બીજાં અનેક ચક્રોને દાંતાચક્રો વડે ફેરવી શકાય છે. ઘડિયાળની અંદર કલાક, મિનિટ અને સેકંડના કાંટાઓને જુદીજુદી ઝડપે, એક જ કમાનના બળ વડે ફેરવવામાં, આવાં દાંતાચક્રો ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. એ સિવાય બળ વધારવામાં અને ગતિની વધઘટ કરવામાં દાંતાચક્રો વપરાય છે. વળી દાંતાચક્રનો ફાયદો એ છે કે એક ચક્ર દિશામાં ફરે ત્યારે એને જોડેલું બીજું ચક્ર ઊલટી દિશામાં ફરે છે. આથી એક ચક્રની ગતિનો દિશાફેર કરવામાં પણ દાંતાચક્ર ઉપયોગમાં આવે છે. મોટરની ગતિને વધઘટ કરવામાં પણ જુદાં-જુદાં દાંતાચક્રો વાપરવામાં આવે છે.

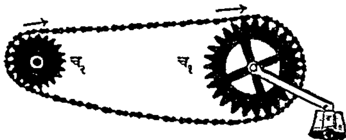
આકૃતિ ૧૧૦.



જો આકૃતિ (૧૧૦)માં ચ₁ ચક્રના ૧૦૦ દાંતા હોય અને ચ₂ ચક્રના ૫૦ દાંતા હોય તો ચ₁ ચક્ર એક વખત ગોળ ફરશે તેટલામાં ચ₂ બે ગોળ આંટા મારશે. આ પ્રમાણે વત્તાઓછા દાંતાવાળાં ચક્રોને જોડવાથી મોટી ચક્રગતિને નાની કરવામાં અથવા નાની ચક્રગતિને વધારવામાં દાંતાચક્રોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. સાધારણ નિયમ પ્રમાણે જો મૂળ ચક્રને દ₁ દાંતા હોય અને બીજાં ચક્રને દ₂ દાંતા હોય તો મૂળ ચક્ર એકવાર ફરે તેટલામાં બીજું

ચક્ર$\left(\frac{દ_1}{દ_2}\right)$આંટા ફરશે. વળી મોટા ચક્રને નાનું બળ લગાડવાથી નાના ચક્ર વડે મોટું બળ પ્રાપ્ત થશે.

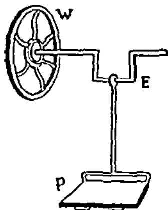
આકૃતિ ૧૧૧.



આકૃતિ (૧૧૧) માં સાઈકલના દાંતાચક્રો બતાવ્યા છે. ચ$_1$ ચક્ર સાથે પેડલ જડેલું છે. એ ચક્રની સાથે જોડેલી સાંકળ નાનાં ચક્ર ચ$_2$ ની ફરતે પસાર થાય છે. ચ$_1$ ચક્રને ઘણા દાંતા હોવાથી ચ$_2$ ની ચક્રગતિ વધુ થાય છે. વળી ચ$_1$ ઉપર લગાડેલું બળ પણ પેડલ લાંબું હોવાથી વિશેષ થાય છે, અને તે બળ નાના ચક્ર વડે અનેકગણું વધી જાય છે.

૧૬. રૈખિક ગતિ (Linear Motion) અને ચક્રગતિ (Circular Motion). યન્ત્રોમાં ઘણીવાર એક અંગની (part) સીધી લીટીની ગતિ (રૈખિક ગતિ)ને બીજા અંગની ગોળ ગતિ (ચક્રગતિ) મેળવવામાં વાપરવી પડે છે. કેટલીકવાર ચક્રગતિને રૈખિક ગતિમાં ફેરવવી પડે છે. સીવવાનો સંચો આનો

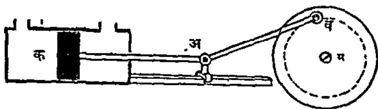
આકૃતિ ૧૧૨.



દાખલો પુરો પાડે છે (આકૃતિ ૧૧૨). નીચેના પેડલ (pedal) P ની ગતિ સીધી લીટીની છે, તેને એક વક્ર (ખાંચાવાળી) ધરી E સાથે જોડીને રૈખિકગતિ વડે ધરી સાથે જોડેલું ચક્ર W ગોળ ફેરવવામાં આવે છે. એ ચક્રગતિને વળી પાછી સોયની રૈખિકગતિમાં ફેરવવામાં આવે છે. પેડલ સીધી લીટીમાં માત્ર ઉપરનીચે જાય છે; પરંતુ તેનો હાથો ખાંચાવાળી ધરી E સાથે જોડેલો હોવાથી ચક્રને ગોળ ગતિ આપે છે.

આકૃતિ (૧૧૩) માં ગાડીના એંજિનમાં પિસ્ટનની રૈખિક ગતિમાંથી ચક્રગતિ કેમ પ્રાપ્ત થાય છે એ બતાવ્યું છે. પૈડાંના મધ્ય म થી થોડે અંતરે च આગળથી એક अ च હાથો પિસ્ટન સાથે

આકૃતિ ૧૧૩.



જોડાયેલો છે. પિસ્ટનનો હાથો अक સીધી લીટીની ગતિમાં આગળ-પાછળ જાય છે. આથી अच હાથા વડે જોડાયેલું ચક્રનું च બિંદુ આગળપાછળ ખેંચાય છે. अक હાથો એક દિશામાં આગળપાછળ

ખસે છે, જ્યારે અવ હાથો તેનાથી કાટખૂણુ દિશામાં ઊંચેનીચે જાય છે. આમ બે કાટખૂણુ ગતિને લીધે વ બિંદુ અને તેની સાથે આખું ચક્ર ગોળ ફરવા લાગે છે. આવી રીતે પૈડાની ઉપર મધ્યથી દૂર હાથો જોડી સીધી ગતિને ચક્રગતિમાં ફેરવવામાં આવે તે રચનાને અપકેન્દ્રી (eccentric) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ (૧૧૨) અને (૧૧૩) માં ચક્રોની ગતિ પ્રદક્ષિણ (clockwise) અને પ્રતિદક્ષિણ (anti-clockwise) પણ થઈ શકે છે. માત્ર શરુઆતમાં એક બાજુ સહેજ ગતિ મળે એટલે તે દિશામાં પૈડું ફરવા માંડશે.

સાર

૧. જે સાધન વડે એક છેડે લગાડેલું બળ બીજે કોઈ છેડે વત્તાઓછા પ્રમાણમાં અને ગમે તે દિશામાં મેળવી શકાય તેને યંત્ર કહેવામાં આવે છે.

૨. કોઈ વસ્તુને એક બિંદુના ટેકા આગળથી ગોળ ફેરવવી હોય અથવા ગબડાવવી હોય તો તેના ઉપર લગાડેલાં બળની અસર તે બિંદુથી બળના અંતર ઉપર રહે છે. બળ અને અંતરના ગુણાકારને પરિબળ (moment of force) કહેવામાં આવે છે નાના બળને દૂર લગાડવાથી વધુ પરિબળ મળે છે, એટલે તેની અસર પણ નજીકમાં લગાડેલાં મોટાં બળનાં જેટલી જ થાય છે. ઉચ્ચાલન, કાતર, ધમણ, તોલકાંટો, વગેરે સાધનોમાં આધારબિંદુ (ફલક) થી ટૂંકે છેડે જે બળ પ્રાપ્ત કરવું હોય તે લગાડવામાં આવે છે અને લાંબે છેડે નાનું બળ લગાડવામાં આવે છે. નાના બળ વડે આમ મોટું બળ પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. સગવડ માટે મોટું બળ ટૂંકે છેડે લગાડી લાંબે છેડે ઓછું બળ પણ પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે. ત્રાજવામાં પણ પરિબળના નિયમનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

૩. યંત્ર વડે નાના બળનો ઉપયોગ કરી મોટું બળ પ્રાપ્ત કરી શકાય છે, એટલે પ્રાપ્ત થતાં બળ અને લગાડેલાં બળના ગુણોત્તરને યાંત્રિક ફાયદો કહેવામાં

આવે છે. જો ઘર્ષણ ન હોય તો એક જડેલી ગરગડીનો યાંત્રિક ફાયદો '૧' છે. એક છૂટી ગરગડીનો યાંત્રિક ફાયદો '૨' છે, અને ત્રણ છૂટી અને ત્રણ જડેલી ગરગડીનો યાંત્રિક ફાયદો નીચેની ગરગડીની સાથે જોડાયેલી દોરી જેટલો (એટલે '૬') થાય છે. ઢાળનો યાંત્રિક ફાયદો ઢાળની લંબાઈ અને ઊંચાઈના ગુણોત્તર જેટલો થાય છે. સ્ક્રૂનો યાંત્રિક ફાયદો તેના વેળના ગાળાના ઊલટા પ્રમાણમાં હોય છે. દાંતચક્રોનો યાંત્રિક ફાયદો ચક્રોના દાંતાની સંખ્યાના ગુણોત્તર જેટલો થાય છે. દાંતાચક્ર વડે ચક્રગતિની દિશા ફેરવી શકાય છે. અપકેન્દ્રી વડે બે રૈખિક ગતિને ચક્રગતિમાં ફેરવી શકાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) યંત્રની વ્યાખ્યા આપો.

(૨) બળની અસરનો આધાર શેના ઉપર રહે છે? દૃષ્ટાંત આપી સમજાવો.

(૩) પરિબળનો નિયમ સમજાવો.

(૪) યાંત્રિક ફાયદો અને કાર્યસાધકતા એટલે શું?

(૫) ઉચ્ચાલન કોને કહે છે; અને તે કેટલાં પ્રકારનાં છે?

(૬) દરેક પ્રકારનાં ઉચ્ચાલન અને તેના વડે પ્રાપ્ત થતો યાંત્રિક ફાયદો દર્શાવો.

(૭) સૂડી, ધમણ, ત્રાજવું અને હાથ એ પ્રત્યેક ક્યા પ્રકારનાં ઉચ્ચાલન છે તે દલીલ આપી સમજાવો.

(૮) ગરગડીના દરેક પ્રકાર અને તેના યાંત્રિક ફાયદા કેવી રીતે જાણવા તે સમજાવો.

(૯) બ્રૂકપ્રેસનું કાર્ય સમજાવો.

(૧૦) દાંતાચક્રનો ઉપયોગ સમજાવો.

(૧૧) રૈખિક ગતિને વર્તુલગતિમાં કેવી રીતે ફેરવવી તે દૃષ્ટાંત આપી સમજાવો.

પ્રકરણ ૧૨

ગુરુત્વાકર્ષણ (Gravitation)

૧. ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ. આઈઝેક ન્યુટનની રૂપરેખામાં જણાવવામાં આવ્યું હતું કે તેણે દ્રવ્યના અરસપરસના આકર્ષણના નિયમો અને વિશ્વવ્યાપક ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ શોધી કાઢ્યા હતા. કહેવાય છે કે ન્યુટન તેના બાગમાં સફરજનના ઝાડ નીચે બેસી વિચારતો હતો ત્યાં એક ફળને નીચે પડતાં જોયું; એથી તેને આશ્ચર્ય થયું કે એ ફળ પૃથ્વીની સપાટી તરફ જ શાથી પડે છે અને ઊંચે શા માટે જતું નથી ? આ ઉપરથી તેને લાગ્યું કે સર્વ વસ્તુને પૃથ્વી તરફ આકર્ષતું કોઈ બળ હોવું જ જોઈએ અને કદાચ તે જ આકર્ષણને આધારે સૂર્ય પૃથ્વીને આકર્ષે છે અને તેની કક્ષામાં ફરતી રાખે છે. જો સૂર્યનું આકર્ષણ ન હોય તો પૃથ્વી તરત જ તેની કક્ષા (વર્તુલ) ની સ્પર્શરેખા (tangent) ની દિશામાં દૂર ચાલી જાય. તેણે પુરવાર કર્યું કે આકર્ષણનો નિયમ વિશ્વમાં સર્વવ્યાપક છે. આ નિયમ પ્રમાણે આ વિશ્વમાં દરેક બે વસ્તુ એકબીજીને તેમના વજનના (દ્રવ્યમાનના) પ્રમાણમાં અને દૂરતાના વર્ગથી ઊલટા (વ્યુત્ક્રમ) પ્રમાણમાં આકર્ષે છે. આ જાતના દ્રવ્યના એકમેકના આકર્ષણબળને ન્યુટને ગુરુત્વાકર્ષણ બળ (force of gravitation) નામ આપ્યું. ધારો કે બે દ્રવ્યના વજન M_1 અને M_2 છે અને બન્નેનું અંતર D છે, તો બન્નેનું આકર્ષણબળ F નીચેના સમીકરણ વડે મળે છેઃ

$$F \propto \frac{M_1 \times M_2}{D^2}, \text{ or } F = G \times \frac{M_1 \times M_2}{D^2}$$

જેમાં G = ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયત આંકડો (Constant of Gravit-

આ ઉપરથી સમજાય છે કે જેમ વજન વધુ હોય તેમ આકર્ષણબળ વધે છે; અને અંતર વધે છે તેમ અંતરના વર્ગના પ્રમાણમાં આકર્ષણબળ ઘટે છે. પૃથ્વીની સપાટીથી ૪,૦૦૦ માઈલ ઊંચે જઈએ તો આકર્ષણબળ ચારગણું ઓછું થાય છે. એજ પ્રમાણે ધારો કે ચંદ્ર ઉપર જઈએ તો ચંદ્રનું વજન ઓછું હોવાથી ત્યાંની સપાટી ઉપર એક વજનને લાગતું આકર્ષણ બળ પૃથ્વીથી છગણું ઓછું થાય છે. આથી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર એક માણસ ત્રણ મણ ભાર ઊંચકી શકતો હોય તો તે ચંદ્રની સપાટી ઉપર ૧૮ મણ વજન ઊંચકી શકે છે; અને જે માણસ પૃથ્વી ઉપર ૨૦ ફૂટ કૂદી શકતો હોય તે ચંદ્ર ઉપર ૧૨૦ ફૂટ લાંબો કૂદકો મારી શકે છે.

ઉપરના નિયમ પ્રમાણે વિશ્વની દરેક વસ્તુ પરસ્પર આકર્ષતી હોવાથી એ વસ્તુ હમેશાં એકબીજાની નજીક આવવાનો પ્રયત્ન કરે છે. એ પ્રમાણે પૃથ્વી ઉપર પડતી વસ્તુના અને પૃથ્વીના પરસ્પર આકર્ષણથી વસ્તુ અને પૃથ્વી એકમેકની નજીક આવે છે. પૃથ્વીનું વજન અતિ ભારે હોવાથી પૃથ્વી ખસતી નથી, પરંતુ દરેક નાની વસ્તુ એની સપાટી તરફ પડતી માલૂમ પડે છે.

૨. **વસ્તુની પડવાની દિશા.** પૃથ્વીની સપાટી ઉપર ગમે ત્યાંથી વસ્તુ પડતી હોય તે સર્વ પૃથ્વીના મધ્ય તરફ આકર્ષાય છે. પૃથ્વી ગોળ છે, છતાં ગમે તે બાજુથી વસ્તુ પડે તે સર્વ તેના મધ્ય તરફ જ પડે છે. પૃથ્વીની સપાટીની દરેક બાજુથી પડતા પદાર્થોની દિશામાં લીટીઓ દોરી પૃથ્વીના ગર્ભમાં પરસ્પરને મળવા દઈએ તો માલૂમ પડશે કે એ સર્વ લીટીઓ એક જ બિંદુમાં છેદે છે. દરેક પદાર્થ પૃથ્વીની સપાટી ઉપરથી એ બિંદુ તરફ જવાને આકર્ષાય છે. આ બિંદુને પૃથ્વીનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ

(centre of gravity) કહેવામાં આવે છે, અને જે દિશામાં પદાર્થ પડે છે તે દિશાને શિરોલંબ દિશા (vertical direction) કહેવામાં આવે છે. બે વસ્તુને એકીસાથે અને એક જ જગ્યાથી પડવા દઈએ તો પૃથ્વીની સપાટી ઉપર એ બન્ને શિરોલંબ દિશામાં પડે છે. પૃથ્વીનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ આશરે ૪૦૦૦ માઈલ ઊંડાઈએ આવેલું છે એટલે એ બન્ને પદાર્થો લગભગ સમાંતર સીધી લીટીમાં પડતા માલૂમ પડે છે. પરંતુ એ લીટીઓ ખરી રીતે સમાંતર નથી અને ૪,૦૦૦ માઈલના અંતરે તે ગુરુત્વમધ્યબિંદુ આગળ મળે છે.

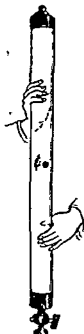
પૃથ્વીનું ગુરુત્વાકર્ષણ બહુજ પ્રચંડ હોવાથી બે વસ્તુનું એકમેકનું આકર્ષણ લક્ષમાં આવતું નથી. આમ છતાં મોટા પર્વતો નજીક જો એક ઓળંબો (plumet) લટકાવ્યો હોય તો તે શિરોલંબ (vertical) ન રહેતાં સહેજ પર્વત તરફ ઢળેલો રહેશે; કારણ કે પર્વતનું વજન પ્રમાણમાં ઘણું હોવાથી ઓળંબા ઉપર તેના આકર્ષણની અસર માલૂમ પડે છે.

૩. વસ્તુને પડવાનો વેગ. પૃથ્વીના આકર્ષણબળથી દરેક વસ્તુ નીચે પડવા માંડે છે; પરંતુ જ્યાં સુધી વસ્તુ પડતી રહે છે ત્યાં સુધી ચાલુ આકર્ષણબળ લાગ્યા કરતું હોવાથી વસ્તુના વેગમાં પ્રવેગ (acceleration) આવે છે. દરેક પડતી વસ્તુને એકસરખો પ્રવેગ લાગુ પડે છે. જેમ વજન વધારે તેમ આકર્ષણબળ વધુ થાય છે; પરંતુ આગળ બતાવ્યું તેમ

આકર્ષણબળ = વજન × પ્રવેગ

હોવાથી વજન બમણું હોય તો આકર્ષણબળ બમણું થાય છે, પરંતુ પ્રવેગ તેટલો જ રહે છે. આ નિયમની પ્રથમ શોધ ગેલિલિયોએ

આકૃતિ ૧૧૩–અ.



કરી હતી અને બધાનાં આશ્ચર્ય વચ્ચે પીસાના ઢળતા ટાવરના ઊંચા શિખર ઉપરથી એક એક રતલનું અને બીજું પાંચ રતલનું એમ બે વજનો એકીસાથે ફેંકી બતાવ્યું કે બન્ને વજન એકસરખી પ્રવેગી ગતિથી પડે છે.

પ્રયોગ:—આકૃતિ (૧૧૩–અ)માં બતાવેલી છે તેવી એક બાજુ બંધ અને બીજી બાજુ હવાચુસ્ત ચકલી હોય તેની લાંબી કાચની નળી લો. એ નળીની અંદર એક હલકું પીછું અને એક ધાતુનો સીક્કો નાંખો. હવે બન્ને બાજુ બંધ કરી ચકલીવાળી નળીને એક વાતાકર્ષક પંપ (vacuum pump) સાથે જોડો અને નળીમાંની હવાને ખેંચીને બને તેટલું શૂન્યાવકાશ બનાવો. હવે નળીને ઝડપથી ઉલટાવી સીક્કો અને પીછું એકસરખી ઝડપે નીચે પડે છે તેની નોંધ કરો.

વસ્તુને પડવાની એ ગતિ કેટલી છે તે આગળ દર્શાવ્યું છે. દરેક વસ્તુ ૯૮૦ સેમિ./સેક.^{2} અથવા ૩૨ ફૂટ/સેક.^{2} ના પ્રવેગથી નીચે પડે છે. આ ગુરુત્વાકર્ષણના પ્રવેગ (acceleration due to gravity) ને આપણે ગ (g) થી દર્શાવીશું. એક મુક્ત પતન થતી (freely falling) વસ્તુ અમુક વખતમાં કેટલું અંતર કાપે છે તે નીચેના સમીકરણથી માલૂમ પડે છે; તે આપણે આગળ જોઈ ગયા છીએ.

$D = \frac{1}{2} gt^2$ (D = અંતર, g = ગુરુત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ, અને t = સમય)

મુક્ત પતન થતી વસ્તુ દરેક સેકંડમાં કેટલું અંતર કાપે તે આકૃતિ (૧૧૩–બ) માં દર્શાવ્યું છે.

આકૃતિ ૧૧૩–ઘ.

અંતર ફૂટમાં
A = ૧૬
પહેલી સેકંડમાં
B = ૪૮
બીજી સેકંડમાં
C = ૮૦
ત્રીજી સેકંડમાં
D = ૧૧૨
ચોથી સેકંડમાં

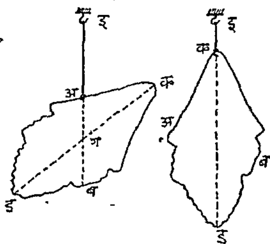
આ પ્રવેગ (g)માં જેમ ઊંચે જઈએ તેમ ફેર પડે છે; પરંતુ એ ફેર સાધારણ ઊંચાઈએ ખાસ નોંધવા જેટલો હોતો નથી. મુંબઈની આસપાસના પ્રદેશમાં ગુરુત્વાકર્ષણ પ્રવેગ g (ગ) નું મૂલ્ય ૯૭૮ સેમિ/સેક.[૨] માલૂમ પડે છે.

૪. **પૃથ્વીની સપાટી ઉપર આકર્ષણબળમાં ફેરફાર.** પૃથ્વીની સપાટી તેના ગુરુત્વમધ્યબિંદુથી ૪,૦૦૦ માઈલ દૂર છે. આકર્ષણના નિયમ પ્રમાણે આખી પૃથ્વીનો ભાર જાણે એ જ બિંદુએ એકાગ્ર થઈને બહારના દ્રવ્યને આકર્ષતો હોય તેમ ધારવું પડે છે. આટલે દૂર ગુરુત્વમધ્યબિંદુ હોવાથી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર એક બે માઈલની ઊંચાનીચી સપાટીને લીધે થતા ગુરુત્વાકર્ષણબળના ફેરફાર નોંધી શકાતા નથી. પૃથ્વીની સપાટી ઉપર એક વસ્તુનો ભાર ૨૦ રતલ હોય તો ત્રણ માઈલ ઊંચા પર્વતના શિખર ઉપર તેનો ભાર અર્ધો ઔંસ ઓછો થાય છે. એ જ પ્રમાણે પૃથ્વીની સપાટીથી જુદેજુદે અંતરે ગુરુત્વાકર્ષણના વત્તાઓછા બળને લીધે પડતી વસ્તુનો પ્રવેગ (acceleration) પણ વત્તોઓછો થાય છે. ગુરુત્વાકર્ષણના બળનો ધ્યાનમાં આવી શકે તેવો ફેરફાર પૃથ્વીના વિષુવવૃત્ત ઉપર અને ધ્રુવ ઉપર એક વસ્તુનો ભાર માપતાં માલૂમ પડે છે. વિષુવવૃત્ત ઉપર પૃથ્વી ઉપસેલી હોવાથી અને ધ્રુવ આગળ

ચપટી હોવાથી, પૃથ્વીના મધ્યબિંદુથી વિષુવવૃત્તનું અંતર ધ્રુવના અંતર કરતાં ૧૮ થી ૧૯ માઇલ વધારે છે. આથી ધ્રુવ આગળ વસ્તુનો ભાર (weight) વિષુવવૃત્ત ઉપરના ભારના કરતાં વધુ માલૂમ પડે છે.

૫. ગુરુત્વમધ્યબિંદુ (Centre of Gravity). પ્રયોગ (૧):—એક લાકડાનું પાટિયું (અથવા કાગળનું જાડું પુઠું) લઈ એક ટેબલ ઉપર મૂકો. એ પાટિયાને ધીમેધીમે ટેબલની કોરથી બહાર ધકેલો. પાટિયું જેવું સમતોલપણું ગુમાવે અને પડી જવાની અણી ઉપર આવે કે ટેબલની કોરની સમાંતર એક લીટી પાટિયાં ઉપર દોરો. પાટિયાંને બે ત્રણ વાર દિશાફેર કરી ફરીથી ઉપરનો પ્રયોગ કરો. બધી લીટી એક બિંદુ આગળ છેદશે. એ બિંદુની નીચે આંગળી રાખી પાટિયાને સમતોલો આ બિંદુ પાટિયાનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ (centre of gravity) છે.

આકૃતિ ૧૧૪.



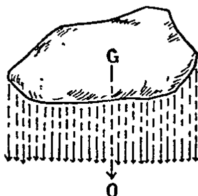
(૨):—આકૃતિ (૧૧૪) માં બતાવ્યા મુજબના ગમે તેવા આકારના જાડા કાગળનાં એક કપાટિયાંને દોરી વડે क બિંદુમાંથી લટકાવો. દોરીની સીધી લીટીમાં કાગળ ઉપર શિરોલંબ (vertical) क ड લીટી દોરો. ફરીથી એ જ કાગળને अ બિંદુ આગળ લટકાવો, અને દોરીની લીટીમાં अ ब લીટી દોરો. એ કાગળને છૂટો કરી अ ब અને क ड

જ્યાં છેદે છે તે બિંદુ ग ઉપર આંગળી રાખી તેને સમતોલો. ग આગળ કપાટિયાંનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ છે.

ઉપરના જેવો પ્રયોગ કરી નિયત આકારના (ત્રિકોણ, ચોરસ, લંબ ગોળ, સમાંતરબાજુ ચતુષ્કોણ, વર્તુલાકાર વગેરે) કાગળનાં કપાટિયાં લઈ ફરીથી ઉપરનો પ્રયોગ કરી તેમનાં ગુરુત્વમધ્યબિંદુ શોધી કાઢો.

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી સમજાય છે કે દરેક વસ્તુમાં એક બિંદુ એવું હોય છે કે જેના ઉપર વસ્તુ સમતોલ રહે છે, અને વસ્તુનો સમસ્ત ભાર એ બિંદુ ઉપર કેન્દ્રિત થયો હોય તેમ લાગે છે. પ્રયોગ (૧) માં સમજાય છે કે જ્યાં સુધી વસ્તુનું એ નિયત બિન્દુ ટેબલથી અલગ થતું નથી ત્યાં સુધી વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એ ઉપરથી લાગે છે કે પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે વસ્તુનો ભાર એ બિંદુમાંથી શિરોલંબ નીચે (vertically downward) લાગે છે. પ્રયોગ (૨) માં પણ વસ્તુનો ભાર હમેશા ग બિંદુથી શિરોલંબ દિશામાં જ લાગે છે. પહેલી વખતે વસ્તુનો ભાર इ क ड દિશામાં છે અને બીજી વખતે ભાર इ अ ब દિશામાં છે. એટલે બન્ને વખતે ग બિંદુમાંથી ભાર લાગુ પડે છે. એ બિંદુ ઉપર આંગળી રાખવાથી વસ્તુ સમતોલ રહે છે એટલે તેને ગુરુત્વમધ્યબિંદુ કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૧૧૫) ઉપરથી એક પદાર્થનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ એક બિંદુ આગળ કેવી રીતે આવે છે તે સમજાય છે. એ પદાર્થના દરેક અણુનો ભાર શિરોલંબ નીચે

આકૃતિ ૧૧૫



લાગે છે. એ ભારો સમાંતર લીટીથી દર્શાવેલા છે. એ સર્વ ભારનું સમાસબળ કાઢીએ તો તે G આગળથી G O દિશામાં આવે છે. G આગળ વસ્તુનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ છે અને G O ગુરુત્વરેખા દર્શાવે છે.

ગ બિંદુમાંથી શિરોલંબ લીટી દોરીએ, તેને ગુરુત્વરેખા કહેવામાં આવે છે.

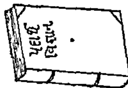
ગુરુત્વમધ્યબિંદુ આગળ વસ્તુનો સમસ્ત ભાર એકત્ર થયેલો હોય એમ આપણને લાગે છે. કારણ કે એ બિંદુની નીચે આંગળી રાખવાથી આખી વસ્તુનો ભાર આંગળી ઉપર લાગે છે અને આંગળી ઉપર વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એક વસ્તુ એ ધ્યાનમાં રાખવાની છે કે ગુરુત્વમધ્યબિંદુ કેટલીક વાર વસ્તુના દ્રવ્યની બહાર પણ હોઈ શકે છે. દા. ત., ઘોડાની નાળનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ ઉપર દર્શાવેલા પ્રયોગ વડે કાઢીએ તો તે નાળના વર્તુલની મધ્યે એક કાલ્પનિક બિંદુ ઉપર આવે છે.

નિયત આકારની અને એકરૂપ વસ્તુનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ હમેશાં તેના ભૂમિતિકેન્દ્ર (geometric centre) આગળ જ હોય છે. નિયમિત આકારની અને એકરૂપ નહિ હોય તેવા પદાર્થની વસ્તુનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ પ્રયોગ (૧) માં બતાવ્યા મુજબ કાઢવામાં આવે છે. વસ્તુને વારાફરતી બે બિંદુથી લટકાવી તે બિંદુથી શિરોલંબ લીટીઓ દોરવાથી બન્નેનું છેદનબિંદુ આવે ત્યાં વસ્તુનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ હોય છે.

૬. સમતોલપણું (Equilibrium). પ્રયોગ:—(૧) એક જાડી ચોપડીને નાની બાજુ ઉપર ઊભી રાખો (આકૃતિ ૧૧૬, '૧'). હવે તેને ઉપલી બાજુને ધક્કો આપી ત્રાંસી કરો. ચોપડી આકૃતિ (૧૧૬, '૨)માં બતાવ્યા મુજબ નીચે પડી જશે એમ પહોળી બાજુ ઉપર પડેલી ચોપડીની

(૧) આકૃતિ ૧૧૬. (૨)



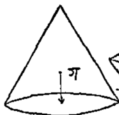


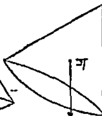
એક બાજુને થોડી ઊંચકીને પાછી મૂકો. ચોપડી તેની તે જ સ્થિતિમાં પાછી પડે છે.

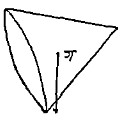
(૨) એક ત્રિશંકુને તેની ટોચ ઉપર ઊભો રાખવાનો પ્રયત્ન કરો. ત્રિશંકુ નીચે કોડી થઈને બાજુ ઉપર પડી જશે. કોડી થઈને પડેલા ત્રિશંકુને ગમે તેમ ગબડાવશો તે દરેક સ્થિતિમાં સમતોલ રહેશે. હવે એ ત્રિશંકુને આકૃતિ (૧૧૭, '૧') માં બતાવ્યા મુજબ તેના પાયા ઉપર સ્થિર

આકૃતિ ૧૧૭.

(૧) (૨) (૩)







રાખો. એની ટોચને એક બાજુએ થોડી ધકેલો (આકૃતિ ૧૧૭, '૨'). ત્રિશંકુ પાછો અસલ સ્થિતિએ આવી જશે. ફરીથી આકૃતિ (૧૧૭, '૩') માં બતાવ્યા મુજબ એ ત્રિશંકુને કોડી કરો. એ વખતે ત્રિશંકુ તેની બાજુ ઉપર ગબડી જશે.

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી ખ્યાલ આવે છે કે કેટલીક સ્થિતિમાં વસ્તુ અસ્થિર અને અસમતોલ રહે છે; કેટલીક સ્થિતિમાં તે ગમે તેમ ગબડાવવાથી પણ સ્થિર રહે છે; અને

કેટલીકમાં સ્થિર અને સમતોલ રહે છે. નાની બાજુ ઉપર ઊભેલી ચોપડી અસ્થિર સમતોલપણાની સ્થિતિ દર્શાવે છે. એને સહેજ કોડી કરતાં તે નીચે ગબડીને મોટી બાજુ ઉપર નીચે પડે છે અને સ્થિર સમતોલપણાની સ્થિતિમાં આવે છે. એ જ પ્રમાણે શંકુ પણ ટોચ ઉપર ઊભો રહેતો નથી. એટલે તે અસ્થિર સમતોલપણા (unstable equilibrium) ની સ્થિતિ દર્શાવે છે. શંકુ બાજુ ઉપર કોડી થઈને પડેલો હોય ત્યારે શિથિલ સમતોલપણાની સ્થિતિ (neutral equilibrium) દર્શાવે છે. એ જ પ્રમાણે એક દડાને ગમે તેમ ગબડાવીએ તો તે પણ શિથિલ સમતોલપણું જાળવે છે. મોટી બાજુ ઉપર રહેલી ચોપડી તેમજ પાયા ઉપર ઊભેલો શંકુ સ્થિર સમતોલપણા (stable equilibrium) ની સ્થિતિ દર્શાવે છે.

આ ઉપરથી સમતોલપણાના કેટલાક નિયમો આપણે તારવી શકીએ છીએ.

(૧) કોઈપણ વસ્તુને સહેજ સ્થળાંતર કરતાં તેની અસલની સ્થિતિથી સ્થળાંતર થાય તો તે અસ્થિર સમતોલપણા (unstable equilibrium) ની સ્થિતિમાં ગણાય છે. દા. ત., નાની બાજુ ઉપર ઊભેલી ચોપડી.

(૨) કોઈ વસ્તુને સ્થળાંતર કરવાથી દરેક અવસ્થામાં સ્થિર રહે તેને શિથિલ સમતોલપણા (neutral equilibrium) ની સ્થિતિમાં ગણવામાં આવે છે. દા. ત., દડો, કોડી થઈને પડેલો શંકુ, વેલણ વગેરે.

(૩) કોઈ વસ્તુને બળ લગાડી સહેજ સ્થળાંતર કરીને છોડી દેતાં પાછી અસલ સ્થિતિ ઉપર આવે તેને સ્થિર સમતોલ-

પણા (stable equilibrium) ની સ્થિતિ કહેવામાં આવે છે. દા. ત., મેાટી બાજુ ઉપર પડેલી ચેાપડી, પાયા ઉપર ઊભેલેા શંકુ, બાજુ ઉપર સપાટ પડેલેા સિક્કો વગેરે.

૭. ગુરુત્વરેખા અને સમતેાલપણાનેા સંબંધ. વસ્તુના ગુરુત્વમધ્યબિંદુમાંથી શિરેાલબ લીટી દેારીએ તેને ગુરુત્વરેખા કહેવામાં આવે છે. એ ગુરુત્વરેખા જ્યાં સુધી વસ્તુના પાયામાં પડતી હેાય ત્યાં સુધી વસ્તુ સમતેાલ રહે છે. એક શંકુને આકૃતિ (૧૧૭ '૧' '૨' અને '૩,) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો ઊંચકીશું તેા જ્યાં સુધી એની ગુરુત્વરેખા આકૃતિ (૧૧૭ '૨') માં બતાવ્યા પ્રમાણે પાયામાં જ પડતી હશે ત્યાં સુધી એ શંકુ ઊથલી પડશે નહિ અને સમતેાલ રહેશે. પરંતુ જો શંકુને આકૃતિ (૧૧૭ '૩') માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઉથલાવીશું અને ગુરુત્વરેખા પાયાની બહાર પડે તેા તરત એ ઊથલી પડશે. જેમ ગુરુત્વમધ્યબિંદુ નીચે, તેમ સમતેાલપણું વધુ સ્થિર.

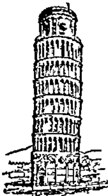
બીજી રીતે જોઈએ તેા એમ માલૂમ પડે છે કે જો વસ્તુને સહેજ ગબડાવીએ અને તેમ કરતાં જો તેનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ સહેજ ઊંચે જાય તેા તે વસ્તુ પાછી મૂળ સ્થિતિએ આવવા પ્રયત્ન કરે છે, અને જો ગબડાવવાથી તેનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ મૂળ બિંદુથી નીચે આવે તેા તે વસ્તુ અસમતેાલ બની નીચે પડી જાય છે.

(૧) જ્યાં સુધી ગુરુત્વરેખા પાયામાં પડે છે ત્યાં સુધી વસ્તુ સમતેાલ રહે છે, અને

(૨) જેમ ગુરુત્વમધ્યબિંદુ નીચે તેમ વધુ સ્થિર સમતેાલપણું હેાય છે. ગુરુત્વમધ્યબિંદુ હંમેશાં બને તેટલું નીચે આવવા પ્રયત્ન કરે છે.

સમતોલપણાના કેટલાંક દૃષ્ટાંતો:—

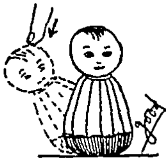
આકૃતિ ૧૧૮



ઇટલીનો પીસાનો ઢળતો ટાવર (આકૃતિ ૧૧૮) પણ આ જ નિયમને લીધે સ્થિર રહેલો છે તેની ગુરુત્વ રેખા તેના પાયામા પડે છે એટલે તે સમતોલ રહેલો છે

ગુરુત્વમધ્યબિંદુને નીચુ લાવવાથી વસ્તુ વધુ સમતોલ બને છે એ જ નિયમને લીધે માણસ વધુ સમતોલપણે ઊભો રહેવા માગે તો તે પહોળા પગ કરીને ઊભો રહે છે કુસ્તી કરનારા મલ્લ પણ આ પ્રમાણે કરે છે તોફાન વખતે હોડી ડાલમડોલ થતી હોય તો બધા માણસો હોડીના નીચેના ભાગમા બેસી જઈને હોડીનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ બને તેટલુ નીચે લાવે છે વહાણને અને દ્રવતુલા (hydrometer) ને સ્થિર સમતોલપણામા લાવવા માટે નીચેના ભાગમા વધુ ભાર લાદવામા આવે છે કેટલાક ડોલતા રમકડાના તળિયાંનો ભાગ બહુ ભારે રાખવામા આવે છે અને તેથી જ્યારે રમકડુ ઊભુ હોય ત્યારે એનુ ગુરુત્વમધ્યબિંદુ તદ્દન નીચે હોય છે એ રમકડાનુ તળિયુ ગોળ રાખવામા આવે છે એટલે સામાન્ય રીતે એ રમકડુ ઊભી સ્થિતિમા જ રહે છે આકૃતિ (૧૧૯) મા બતાવ્યા મુજબ જો આગળી વડે એ રમકડાને સહેજ વાંકુ કરીએ તો તેનુ ગુરુત્વમધ્યબિંદુ ઊંચે જવાથી તે પાછુ અસલ સ્થિતિમા આવી જાય છે આમ રમકડાને માત્ર ઊભી સ્થિતિમા જ રાખી શકાય છે એક પેન્સિલની અંદર આકૃતિ (૧૨૦) પ્રમાણે ચપ્પુ લગાડીએ તો તેનુ ગુરુત્વમધ્યબિંદુ નીચે આવે છે, એટલે એ પેન્સિલની અણીને એક બિંદુ ઉપર રાખવાથી સમતોલ રહેશે દોરડા ઉપર ચાલનાર માણસ પણ ભારે લાકડીને હાથમા બને તેટલી

આકૃતિ ૧૧૯

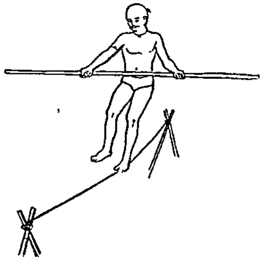


ડોલતું રમકડુ

આકૃતિ ૧૨૦.

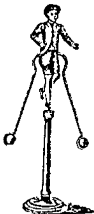


આકૃતિ ૧૨૧.

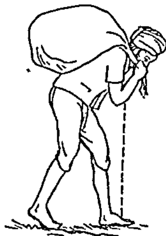


નીચે પકડી રાખી પોતાનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ બને એટલું નીચે લાવે છે (આકૃતિ ૧૨૧), એટલે તેને સમતોલપણું જાળવવામાં ઘણી સગવડ પડે છે.

આકૃતિ ૧૨૨.



આકૃતિ ૧૨૩.



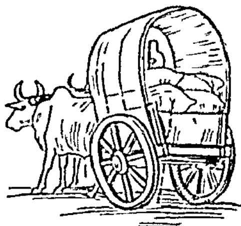
આકૃતિ (૧૨૨) મા બતાવ્યા મુજબ ટીંગાઈને પગ બારે વજન લટકાવી પગના અંગૂઠા ઉપર ઉભા રહી શકાય છે, કારણ કે એમ કરવાથી શરીરનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ પગના અંગૂઠાથી નીચું જાય છે

આકૃતિ ૧૨૪



પીઠ ઉપર ભાર લઈને ચડવું હોય ત્યારે આપણે આગલી બાજુ તરફ વાંકા વળવું પડે છે (આકૃતિ ૧૨૩) કારણ કે જે તરફ ભાર હોય તે તરફ ગુરુત્વમધ્યબિંદુ બને છે, એટલે આપણે સમતોલપણું રાખવા માટે હમેશાં ગુરુત્વ રેખા આપણા બે પગના પાયાની વચ્ચે રાખવા માટે આપણને ઉલટી દિશામા વાંકા વળવું પડે છે. એક હાથમા ભાર લઈને ચાલતી વખતે પણ એ જ કારણથી ઉલટી દિશામા વાંકા વળવું પડે છે (આકૃતિ ૧૨૪). કે જેથી ગુરુત્વરેખા બે પગની વચ્ચે પાયામા જ પડે છે જે ગાડામા ભાર ભરેલો હોય તે એક બાજુ ઢોળાવવાળા રસ્તા ઉપર ચાલે છે ત્યારે એક પૈડું ઉંચું થાય છે અને બીજું નીચું રહે છે આથી ગાડી ગબડી જવાનો ભય રહે છે આમ જ્યાં આકૃતિ (૧૨૫)

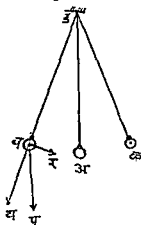
આકૃતિ ૧૨૫



માં બતાવ્યા મુજબ જ્યાંસુધી ગુરુત્વરેખા બે પૈડાંની વચ્ચે પાયામાં પડતી હોય ત્યાં સુધી ગાડું ઊથલી પડતું નથી.

૮. **લોલકનું સમતોલપણું.** એક લોલકના ગોળાને સ્થિર રહેવા દઈએ તો તે ड अ સ્થિતિમાં સ્થિર રહેશે. લોલકના ગોળાનું વજન ड अ દિશામાં જોર કરે છે. એટલાજ જોરથી દોરી લોલકના ગોળાને अ ड દિશામાં તાણ (tension) કરી ખેંચે છે અને બન્ને બળ સમતોલ થાય છે.

આકૃતિ ૧૨૬.



જ્યારે લોલકના ગોળાને व ની સ્થિતિમાં મૂકીએ ત્યારે ગોળાનું વજન व प દિશા (શિરોલંબ) માં જોર કરે છે. દોરી व ड દિશામાં તાણ કરે છે. એટલે व प બળને व य અને व र જેવાં બે બળમાં વિભક્ત કરીએ તો, व य બળ દોરીનાં તાણને સમતોલશે અને व र બળ બાકી રહ્યું તે ગોળાને अ તરફ ખેંચશે. આ કારણથી લોલકના ગોળાને સ્થળાંતર કરીએ તોપણ પાછો મધ્ય તરફ આવવાનો પ્રયત્ન કરે છે.

ગોળો अ આગળ આવીને અટકતો નથી, પરંતુ તે ગતિમાં હોવાથી ગમનશક્તિ (kinetic energy) ને લીધે अ થી ઊંચે क તરફ જાય છે અને ફરીથી क થી व તરફ આંદોલિત થાય છે. આમ લાંબો વખત આંદોલનો ચાલુ રહે છે.

લોલકના નિયમો પ્રકરણ (૨) માં બતાવવામાં આવ્યા છે.

સાર

૧. પૃથ્વી ઉપરની દરેક વસ્તુ ઉપર ગુરુત્વાકર્ષણ બળ લાગે છે. એ બળને લીધે જ દરેક વસ્તુ આધાર ઉપરથી છૂટી થાય ત્યારે પૃથ્વીના ગુરુત્વકેન્દ્ર (centre of gravity) તરફ ખેંચાઈ જાય છે. આ સૃષ્ટિમાં દરેક બે વસ્તુ આ ગુરુત્વાકર્ષણના બળથી એકમેકને આકર્ષે છે.

$$\text{ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ} = \text{ગુરુત્વાકર્ષણનો એકમૂલ્ય આંકડો} \times \frac{\text{બન્ને વસ્તુના વજનનો ગુણાકાર}}{\text{બન્ને વસ્તુના અંતરનો વર્ગ}}$$

૨. પૃથ્વી ઉપર દરેક વસ્તુને ગુરુત્વાકર્ષણનું બળ દરેક સ્થિતિમાં લાગુ પડતું હોવાથી તે વસ્તુની ગતિમાં પ્રવેગ આવે છે. આ પ્રવેગને ગુરુત્વાકર્ષણ પ્રવેગ g (ગ) કહેવામાં આવે છે. જો સમય સ (t) હોય તો પડતી વસ્તુએ કાપેલું અંતર (D), અ $= \frac{1}{2}$ ગ (સ)^2, $D = \frac{1}{2} gt^2$. પૃથ્વીની સપાટીથી જેમ ઉંચે જઈએ તેમ આકર્ષણબળ ઓછું થાય છે અને સપાટીની નજીક આવીએ તેમ વધુ થાય છે.

૩. દરેક વસ્તુને અંગે એક એવું બિંદુ હોય છે કે જેના ઉપરથી આખી વસ્તુનો ભાર નીચે બળ કરે છે. એ બિંદુના આધાર ઉપર વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એ બિંદુને વસ્તુનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ કહેવામાં આવે છે. એ ગુરુત્વમધ્યબિંદુથી શિરોલંબ નીચે દોરેલી રેખાને ગુરુત્વરેખા કહેવામાં આવે છે. નિયત આકારની એકરૂપ વસ્તુનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ તેના ભૂમિતિકેન્દ્ર આગળ આવે છે. અનિયમિત આકારની વસ્તુનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ વસ્તુને બે બિંદુથી લટકાવી તે બન્ને બિંદુમાંથી શિરોલંબ દોરેલી લીટી જ્યાં છેદે છે ત્યાં આવે છે.

૪. વસ્તુનું ગુરુત્વમધ્યબિંદુ હંમેશાં બને તેટલું નીચે જવાનો યત્ન કરે છે. જે વસ્તુને સહેજ ગબડાવતાં ગુરુત્વરેખા પાયાની બહાર જાય છે તે વસ્તુનું સમતોલપણું અસ્થિર (unstable equilibrium) છે. જેને ગબડાવતાં ગુરુત્વરેખા હંમેશાં એક જ દિશામાં રહે છે તે વસ્તુનું સમતોલપણું શિથિલ (neutral equilibrium) છે. જેને થોડું ગબડાવતાં પણ ગુરુત્વરેખા પાયામાં પડે તે વસ્તુનું સમતોલપણું સ્થિર (stable equilibrium) છે.

૫. લોલકના ગોળાને સ્થળાંતર કરતાં તેના ગુરુત્વમધ્યાબિંદુથી શિરોલમ્બ લાગતું બળ તેને પાછું અસલ સ્થિતિએ લાવવા પ્રયત્ન કરે છે; અને તે મૂળ સ્થિતિએ આવે ત્યાર પછી તેની ગમનશક્તિને લીધે તે બીજી બાજુ તરફ ઊંચે જાય છે અને એ રીતે આંદોલિત થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) ગુરુત્વાકર્ષણ એટલે શું ?

(૨) પૃથ્વીની સપાટી ઉપર બે વસ્તુ સમાંતર સીધી લીટીમાં પડે છે ?

(૩) ધ્રુવ આગળ વસ્તુનો ભાર વિષુવવૃત્ત કરતાં વિશેષ શાથી હોય છે ?

(૪) ગુરુત્વમધ્યાબિંદુ એટલે શું ? ગુરુત્વમધ્યાબિંદુ કેમ શોધશો ?

(૫) સમતોલપણા કેટલા પ્રકારનાં હોય છે ? દરેકના દાખલા આપો.

(૬) ન્યુટનનો ગુરુત્વાકર્ષણનો નિયમ સમજાવો.

પ્રકરણ ૧૩

ઉષ્ણતા

૧. ઉષ્ણતા એટલે શું? ખૂબ ઠંડી પડતી હોય ત્યારે ઘણી વાર આપણે હાથને ઘસીએ છીએ અને તેથી હાથમાં ગરમી લાગે છે. હાથના અણુ ઘસાવાને લીધે વધુ ગતિમાન થઈ જાય છે. ઘન, પ્રવાહી, કે વાયુના પરમાણુ નરી આંખે ન દેખાય તેવી સૂક્ષ્મ ગતિવાળાં હોય છે. એ ગતિમાં વધારો થવાથી વસ્તુ ઉષ્ણ લાગે છે અને વસ્તુમાં ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થઈ એમ કહેવાય છે. ઘણા જૂના વખતમાં એમ મનાતું હતું કે ઉષ્ણતા એ પ્રવાહી રૂપે ગરમ વસ્તુમાંથી ઠંડી વસ્તુમાં વહેતું કોઈ અદૃશ્ય દ્રવ્ય છે. આ સિદ્ધાંત બે વસ્તુને ઘસીને ઉત્પન્ન થતી ગરમીના પ્રયોગથી ખોટો પડ્યો છે. ખરું જોતા પદાર્થના અણુની ગતિમાં વધઘટ થાય છે તે પ્રમાણમાં તેની ઉષ્ણતા પણ વત્તીઓછી થાય છે. ઘર્ષણથી હંમેશાં ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે એ નિર્વિવાદ વાત છે. બે બરફના ટુકડાને ઘસવાથી પણ ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે, અને તેથી બરફ ઝટ પીગળીને પ્રવાહી બને છે. લાકડું વહેરતાં કરવત ગરમ થાય છે. અસલ જ્યારે દીવાસળી નહોતી શોધાઈ ત્યારે લાકડાના ટુકડાને ઘસી અગ્નિ પાડવામાં આવતો. લોખંડ અને ચકમક વડે હજુ પણ અગ્નિ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ઉષ્ણતાથી અણુમાં ઉત્પન્ન થતી અથવા વધુ થતી ગતિ મર્યાદિત છે અને તે ઘણુંખરું આંદોલિત (oscillatory) ગતિ હોય છે. એ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે ઉષ્ણતા એક પ્રકારની શક્તિ છે. વસ્તુ ઠંડી હોય કે ગરમ તેના પ્રમાણમાં તેના અણુમાં વત્તીઓછી શક્તિ રહેલી હોય છે. એટલે વસ્તુ ઠંડી લાગે તેથી તેનામાં ઉષ્ણતાશક્તિ બિલકુલ જતી રહેતી નથી, પરંતુ આપણા શરીરની ઉષ્ણતાના પ્રમાણમાં તેમાં ઓછી ઉષ્ણતા હોય છે.

૨. ઉષ્ણુતા કેટલી રીતે પેદા કરી શકાય. ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન કરવાના મુખ્ય પ્રકારો નીચેના છેઃ (૧) ઘર્ષણુથીઃ—બે વસ્તુને ઘસતાં ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. (૨) રાસાયણિક ક્રિયાથીઃ—દાખલા તરીકે, દીવો બળે છે. ત્યારે કેરોસિનના કાર્બન અને ઑક્સિજનનું સંયોજન થાય છે અને તે દ્વારા ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે, ચૂનાને અથવાં ગંધકના તેજાબને પાણીમાં ઓગાળવાથી ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. (૩) વિદ્યુતથીઃ—વીજળીના દીવાની અંદર પાતળા તારમાથી વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલવાથી ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. (૪) પ્રકાશન મોજાંથીઃ—સૂર્યમાંથી પ્રકાશના મોજાંદ્વારા ઉષ્ણુતા મળી શકે છે. એ પ્રકારે ઉષ્ણુતા મળે એને ઉષ્ણુતાગમન (radiation) કહેવામાં આવે છે.

૩. ઉષ્ણુતા વધવાથી ઘણા પદાર્થોની સ્થિતિમાં ફેરફાર થાય છે. પ્રયોગ—એક કાચના પ્યાલામાં મીણ, ઘી, બરફ વારાફરતી લઈ તેમને લાંબો વખત ગરમ કરો તેમની સ્થિતિમા શા ફેરફાર થાય તેની નોંધ કરો.

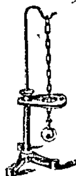
ઉષ્ણુતાને લીધે દરેક વસ્તુના અણુ પ્રમાણુમાં વધુ ગતિમાન થાય છે. ચાલુ ઉષ્ણુતા આપવાથી ઘન પદાર્થ પ્રવાહીરૂપ અને પ્રવાહી પદાર્થ વાયુરૂપ બને છે. આ બાબત ઉપલા પ્રયોગો વડે સમજાય છે. ઉષ્ણુતા મળવાથી દરેક વસ્તુનું કદ વધે છે.

૪. ઉષ્ણુતાની બીજી અસરો. ઍન્ટિમની અને બિસ્મથ ધાતુના તારોને બન્ને છેડે જોડીને તેમનો એક સાંધો જો ગરમ કરવામાં આવે તો તેથી વિદ્યુત પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. ઉષ્ણુતાને લીધે ઘણીખરી રાસાયણિક ક્રિયાઓ શરુ થાય છે. દાખલા તરીકે, હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુને સાથે રાખવામાં આવે

તો બન્ને જેમના તેમ જ રહેશે, પરંતુ જો તેમને દીવાસળી સળગાવી લગાડવામાં આવે તો તરત જ બન્ને વાયુની રાસાયણિક ક્રિયા થઈ ધડાકા સાથે તેમનું પાણી બની જશે. આટલી સામાન્ય અસરો ઉપરાંત દ્રવ્યના ગુણધર્મોમાં ઉષ્ણતાની અનેક જાતની અસરો થાય છે.

૫. પ્રસરણ (Expansion). દરેક દ્રવ્ય ઉષ્ણતાને લીધે કદમાં વધે છે, એટલે કે કદનું પ્રસરણ થાય છે. ઘન વસ્તુમાં ખાસ કરીને લંબાઈ, પહોળાઈ અને જાડાઈ ત્રણેમાં વધારો થાય છે. લંબાઈના વધારાને રૈખિક પ્રસરણ - linear expansion) કહે છે. લંબાઈ અને પહોળાઈના વધારાથી ક્ષેત્રફળમાં પ્રસરણ થાય છે અને તેને પૃષ્ઠ પ્રસરણ (superficial expansion) કહે છે. કદના વધારાને કદપ્રસરણ (volume expansion) કહે છે.

આકૃતિ ૧૨૭.



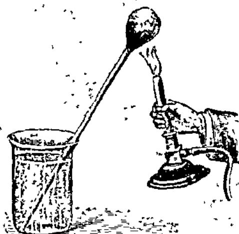
ગ્રેવસેન્ડનો પ્રયોગ

પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૧૨૭)માં બતાવ્યા મુજબની ગ્રેવસેંડની વીંટી અને લોખંડનો દડો લો. દડો વીંટીમાંથી પસાર થાય છે. ગોળાને સ્પીરિટના દીવાથી અથવા બૂન્શન બર્નરથી તપાવો. ગોળો વીંટીમાંથી પસાર થતો નથી. ગોળાને ઠંડો પાડવાથી વીંટીમાંથી પસાર થશે. કારણ શું?

(૨):—આકૃતિ (૧૨૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક લાંબી નળીવાળો કાચનો ગોળો લો. નળીના એક છેડાને પાણીથી ભરેલા કાચના પ્યાલામાં ડુબાવો. ગોળીને બતાવ્યા મુજબ બર્નર વડે અગર દીવાથી તપાવો. કાચના પ્યાલામાંથી પરપોટા નીકળે છે. ગોળાને હવે ઠંડો પડવા દો. ગોળાની નળીમાં પાણી દાખલ થતું લાગે છે. કારણ શું?

(૩):—એક કાચની બરણી (flask) માં એક બૂચ મારી તેમાંથી બારીક નાકાવાળી લાંબી નળી દાખલ કરો. નળીની મધ્યે આવે તેમ બરણીને રંગીન પાણીથી ભરો. નળી ઉપર પાણીની નોંધ થાય તેમ એક દોરો બાંધો. હવે બરણીને ગરમ પાણીમાં મૂકો. બરણીમાંની પાણીની સપાટી બારીક નળીમાં ઊંચે ચઢે છે અને બરણીને ઠંડી પાડો એટલે પાણીની સપાટી નીચે આવે છે. તે શાથી ?

આકૃતિ ૧૨૮.



(૪):—આકૃતિ (૧૨૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણેનું એક સાધન લો. A B ધાતુનો સળિયો છે. K એક દર્શક છે. સળિયાની નીચે સ્પીરિટથી બળે તેવો લાંબો બર્નર છે. એમાં થોડો સ્પીરિટ રેડી સળગાવો. સળિયો B

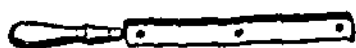
આકૃતિ ૧૨૯.



આગળ ચુસ્ત રીતે જડેલો છે, પરંતુ K તરફ છૂટો હોવાથી તે બાજુ લંબાઈમાં વધે છે અને દર્શક K લંબાઈના વધારાને વિપુલ (magnify) કરી

બતાવે છે. જેમ સળિયેા તપતેા જાય છે તેમ દર્શક K વધુ ને વધુ વર્તન (deflect) થાય છે. એ ઉપરથી શું અનુમાન બાંધેા છેા ?

આકૃતિ ૧૩૦.



(૧)



(૨)

(૫):—આકૃતિ (૧૩૦,'૧') માં બતાવ્યા મુજબ તાંબા અને પિત્તળની બે સરખી લબાઈની પટ્ટીને બે ત્રણ ઠેકાણે ખીલી મારી જડી દેા. હવે પટ્ટીને તપાવેા. પટ્ટી વાંકી વળે છે. તાંબાનેા ભાગ બહાર રહે છે અને પિત્તળની બાજુ તરફ પટ્ટી વળે છે (આકૃતિ ૧૩૦,'૨'). કારણ શું ?

(૬):—એક લાંબી ડેાકવાળી કાચની બરણી લેા. તેની ડેાકમાં એક જગ્યાએ દેારી બાંધી નિશાની કરેા. એમાં પ્રથમ દેારીની સપાટી સુધી આવે તેટલું પાણી ભરેા અને બરણીને સાધારણ ગરમ પાણીમાં મૂકેા. પાણીની ઊંચે ચઢેલી સપાટીની નેાંધ કરેા. હવે તે જ બરણીને ઠંડી પાડી ફરીથી કેરાેસિન, તેલ, ગ્લિસરિન વગેરે વારાફરતી ભરીને ઉપરનેા પ્રયેાગ કરેા. બધાં પ્રવાહીના કદનેા વધારેા સરખેા છે કે જુદેા તેની નેાંધ કરેા. (નેાધઃ—પાણી ભરેલી કાચની બરણીને એકાએક વધુ ગરમ પાણીમાં મૂકવામાં આવે તેા પ્રથમ પાણી સંકેાચાતું જણાય છે અને પછીથી વિસ્તૃત થાય છે. એનું કારણ એ હેાય છે કે પ્રથમ ગરમી કાચના વાસણને લાગે છે એટલે તે પહેલું વિસ્તાર પામે છે અને તેનું કદ વધે છે. પાણી સાર પછી ગરમ થાય છે એટલે તે પાછળથી વિસ્તૃત થાય છે.)

ઉપરના પ્રયેાગ (૧), (૨) અને (૩) ઉપરથી સમજાય છે કે ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ એ ત્રણેને ગરમ કરતાં તેમનાં કદ વિસ્તૃત થાય છે. આ કારણથી પ્રયેાગ (૧) માં ગરમ કરેલેા ગેાળેા વીંટીમાંથી પસાર થતેા નથી, પરંતુ ઠંડા પડવાથી પસાર થાય છે. લુહાર પૈંડા ઉપર વાટ ચઢાવે ત્યારે પણ આ જ ગુણનેા ઉપયેાગ કરે છે. પ્રથમ વાટને પૈંડાથી સહેજ નાની રાખી ગરમ કરે છે

એટલે તે વિસ્તાર પામે છે અને પૈંડા ઉપર ચઢે છે. હવે વાટ ઉપર પાણી રેડી ઠંડી પાડવાથી તે સંકોચાય છે અને પૈડાને ચુસ્ત જકડી લે છે.

પ્રયોગ (૪) માં ઘન વસ્તુની લંબાઈમાં ગરમીથી થતો વધારો માલૂમ પડે છે. એ કારણથી રેલવેના બે પાટા વચ્ચે પણ થોડી જગ્યા રાખવામાં આવે છે, કારણ કે ઉનાળામાં દિવસે ખૂબ ગરમી પડે અને રાત્રે ઠંડી હોય છે. આથી પાટાની લંબાઈમાં વધઘટ થાય છે. હિંદુસ્તાનની ઉત્તરે આવેલા પ્રદેશોમાં દિવસના અને રાત્રિના ટેમ્પરેચરમાં બહુ ફેર પડે છે. જો બે પાટાની વચ્ચે વધુ જગ્યા ન રાખી હોય તો લંબાઈમાં વધારો થવાથી પાટા વાંકા વળી જાય છે.

પ્રયોગ (૨) અને (૩) માંથી ગરમી આપવાથી વાયુ અને પ્રવાહી કદમાં વિસ્તાર પામે છે તે જણાય છે. આ ગુણનો ઉપયોગ વાયુના અને પ્રવાહીના થર્મોમિટર બનાવવામાં થાય છે તે પાછળ જોઈશું.

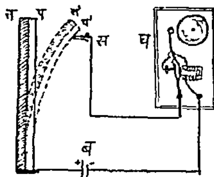
પ્રયોગ (૪) અને (૫) માંથી સમજાય છે કે જુદીજુદી સરખી લંબાઈની વસ્તુને એકસરખી ગરમ કરતાં તેમની લંબાઈમાં એકસરખો વધારો થતો નથી. પ્રયોગ (૫) માં તાંબાની પટી વધુ વિસ્તાર પામે છે એટલે આખી પટી પિત્તળવાળી બાજુ તરફ વાંકી વળે છે.

પ્રયોગ (૬) માંથી સમજાય છે કે જુદાંજુદાં પ્રવાહી પણ સરખાં ગરમ કરવાથી એકસરખાં વિસ્તૃત થતાં નથી.

આગની વખતે આપોઆપ ઍલાર્મ (ભયસૂચક) આપે તેવી રચના બે ધાતુની પટી વડે થઈ શકે છે. બાજુની આકૃતિ (૧૩૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો તાંબા (त) અને પિત્તળ (प)ની જોડેલી પટી

આગના તાપથી ઉષ્ણુ થાય તો તેથી આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ વાંકી વળે છે. જ્યારે ટપકાંવાળી સ્થિતિમાં પટી સ્ક્રૂ (સ)ને અડકે એટલે વિદ્યુતનો પ્રવાહ બૅટરી વ માંથી નીકળી પટીદ્વારા સ્ક્રૂ (સ) માં દાખલ થઈ વીજળિક ઘંટી ઘ ને વગાડે છે. જ્યારે પટી ઠંડી પડે છે ત્યારે પાછી અસલ સ્થિતિમાં આવી જાય છે અને વિદ્યુત પ્રવાહને તોડી નાંખે છે.

આકૃતિ ૧૩૧.



અગ્નિસૂચક, fire-alarm

પાતળાં રબરના બલૂનને હવાથી સંપૂર્ણ ભરી તાપમાં લઈ જઈએ તો તે ફાટી જાય છે, કારણ કે હવા ગરમ થતાં વિસ્તાર પામે છે. એવા જ કારણથી સાઈકલની અને મોટરની રબરની નળીમાંની હવા ઉષ્ણુ થતાં નળીને ફાડી નાંખે છે. ઘણી વાર મોટર ખૂબ ઝડપથી હંકારાતી હોય તો ઘર્ષણથી ઉત્પન્ન થતી ગરમીને લીધે ટાયરમાંની હવાથી ભરેલી નળી ફાટી જાય છે.

આકૃતિ (૧૩૨) માં વાયુના વિસ્તારને સાદા પ્રયોગ વડે દર્શાવવાનું સાધન બતાવવામાં આવ્યું છે. બે કાચના બંધ ગોળાને એક નળીવાટે જોડેલા છે અને તેમાંથી હવા કાઢી લઈ થોડું ઇથિર જેવું ઓછાં ટેમ્પરેચરે ઊકળે અને વાયુરૂપ

આકૃતિ ૧૩૨.



થઈ જાય તેવુ પ્રવાહી રાખેલુ છે એમાના એક ગેાળાને આપણા હાથમા પકડીએ તેા હાથની ગરમીથી પ્રવાહી તરત જ વાયુરૂપ બનવા માડે છે, અને તે વાયુ વિસ્તાર પામવાથી હાથે પકડેલા ગેાળામાથી પ્રવાહી બીજા ગેાળામા ચાલી જશે એ ગેાળેા છેાડી દઈ બીજો ગેાળેા હાથમા પકડીશુ તેા વળી પાછુ એ બાજુથી પ્રવાહી બીજી બાજુ દેાડી જશે

૬. રૈખિક પ્રસરણાંક (Co efficient of Linear Expansion) આગળ કહ્યુ છે તેમ સરખી લબાઈની જુદીજુદી જાતની સરખી વસ્તુને એકસરખી ઉષ્ણુ કરીએ તેા તેમની લબાઈમા વત્તોઓછેા વધારેા થાય છે એક જ જાતની વસ્તુમા એકસરખા પ્રમાણુમા વધારેા થાય છે, અને જેમ વસ્તુની લબાઈ અને ઉષ્ણુતા વધે તેમ લબાઈનેા વધારેા પણુ વિશેષ થાય છે જુદીજુદી વસ્તુનુ પ્રસરણુ સરખાવવા પ્રસરણાંક કાઢવામા આવે છે

એક સેમિ. લંબાઈની એક વસ્તુનુ ટેમ્પરેચર (temperature) એક ડીગ્રી સેટીગ્રેડ વધારવામાં આવે, તેથી લબાઈમાં જે વધારેા થાય તેને રૈખિક પ્રસરણાંક (co efficient of linear expansion) કહેવામાં આવે છે.

એક વસ્તુની લબાઈ L_1 (લ$_1$) હેાય અને તેનુ ટેમ્પરેચર t_1 (ટ$_1$) ડીગ્રીથી t_2 (ટ$_2$) ડીગ્રી સુધી વધાર્યું હેાય અને લબાઈ L_2 (લ$_2$) થઈ હેાય તેા રૈખિક પ્રસરણાંક નીચે મુજબ શેાધાય છે

$$\text{લબાઈનેા વધારેા} = L_2 - L_1 = \text{લ}_2 - \text{લ}_1$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{એક સેમિ લાબી વસ્તુની}\\ \text{લબાઈમા વધારેા}\end{array}\right\} = \frac{L_2 - L_1}{L_1} = \frac{\text{લ}_2 - \text{લ}_1}{\text{લ}_1}$$

$$\text{ટેમ્પરેચરમા વધારેા} = t_2 - t_1 = \text{ટ}_2 - \text{ટ}_1$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{એક સેમિ મા એક ડીગ્રી સેન્ટીગ્રેડ}\\ \text{ના વધારા માટે લબાઈમા વધારેા}\end{array}\right\} = \frac{L_2 - L_1}{L_1 (t_2 - t_1)} = \frac{\text{લ}_2 - \text{લ}_1}{\text{લ}_1 (\text{ટ}_2 - \text{ટ}_1)}$$

$$\text{રૈખિક પ્રસરણાંક} = \frac{L_2 - L_1}{L_1 (t_2 - t_1)} = \frac{લ_2 - લ_1}{લ_1 (ટ_2 - ટ_1)}$$

એ જ પ્રમાણે ક્ષેત્રફળ અને ઘનફળનો પ્રસરણાંક કાઢવામાં આવે છે. ઘન વસ્તુનો પ્રસરણાંક રૈખિક પ્રસરણાંક કરતાં આશરે ત્રણગણો હોય છે.

"એક ડીગ્રી ટેમ્પરેચર વધવાથી એક ચોરસ સેમિ. ક્ષેત્રફળમાં થયેલો વધારો અથવા એક ઘન સેમિ. કદમાં થયેલો વધારો અનુક્રમે ક્ષેત્રફળ અથવા ઘનફળનો પ્રસરણાંક કહેવાય છે."

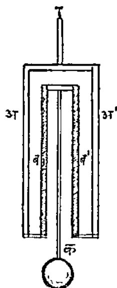
પ્રવાહી અને વાયુ માટે કદનો વધારો જ માપી શકાય છે. પ્રવાહીના કદનો પ્રસરણાંક માપવા માટે પ્રવાહીને પ્રયોગ (૬) માં બતાવ્યા મુજબ એક પાતળા કાચની શીશીમાં ભરવામાં આવે છે. એ શીશીની અંદર દાખલ કરેલી નળીની ઉપર કદમાપના આંક પાડેલા હોય છે. એવી શીશીને એકાએક ગરમ કરતાં પ્રથમ પ્રવાહીનું કદ વધવાને બદલે સહેજ ઘટેલું માલૂમ પડશે; કારણ કે શીશીને આપેલી ગરમી પ્રથમ તેના કાચને લાગતાં શીશીનું કદ મોટું થાય છે અને તેથી પ્રવાહીની સપાટી પ્રથમ નીચે આવે છે. વધુવાર ગરમી આપતાં પ્રવાહીને ગરમી લાગે છે અને તે પ્રમાણમાં વધુ વિસ્તાર પામે છે એટલે તેનું કદ વધેલું માલૂમ પડે છે. આમ પ્રવાહીના કદના ફેર ઉપરથી દેખીતો (apparent) વધારો કાઢી શકાશે. જો પ્રવાહીનો ચોખ્ખો (absolute) વધારો માપવો હોય તો શીશીના કદમાં થયેલો વધારો શોધી કાઢીને તે ઉપરથી પ્રવાહીનું કુલ કદ કેટલું વધ્યું તે શોધી કાઢવામાં આવે છે.

૭. પ્રસરણની અસર. જો ઘડિયાળના લોલક ધાતુના હોય તો ઉષ્ણતાના ફેરફારથી તેમની લંબાઈમાં વધઘટ થાય છે. આગળ બતાવ્યું તેમ જો લોલકની લંબાઈ વધે તો ઘડિયાળ ધીમું પડે છે,

અને લંબાઈ ઘટે તો ઘડિયાળ ઝડપી બને છે. હવામાનની ઉષ્ણતાના ફેરફારથી ટેમ્પરેચરમાં વધઘટ થાય છે અને તેથી ઘડિયાળના લોલકની લંબાઈમાં પણ વધઘટ થાય છે. આમ વારંવાર ઘડિયાળના લોલકની લંબાઈમાં ફેરફાર થાય, તોપણ ઘડિયાળ ચોક્કસ વખત બતાવે તે માટે કેટલીક યોજના વડે લંબાઈની વધઘટ આપોઆપ સમતોલ થાય તેવી રચના કરવામાં આવે છે.

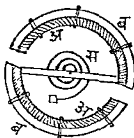
આકૃતિ ૧૧૩.

(૧)



સમતોલ લોલક

(૨)



સમતોલ ચક્ર

આકૃતિ (૧૩૩ '૧') માં સમતોલ લોલક (compensated pendulum) બતાવ્યું છે, જ્યારે આકૃતિ (૧૩૩ '૨') માં નાના ઘડિયાળનું સમતોલ ચક્ર બતાવ્યું છે.

આકૃતિ (૧૩૩ '૧') માં લોલકના દંડાને એક સળિયા क વડે व અને व' સળિયા સાથે જડેલો છે, અને व ને व' સળિયાને अ અને अ' સાથે જોડેલા છે. अ, क અને अ' એક જ ધાતુના છે, અને व ને व' બીજી વધારે પ્રસરણાંકવાળી ધાતુના છે. ટેમ્પરેચર વધવાથી अ, क ને अ' નીચે લંબાય છે. व ને व' પ્રસરણને લીધે તેટલા જ ઊંચે વધે છે. આ બન્ને ઊલટી દિશાના વધારાને લીધે લોલકનો ગોળો એક જ બિંદુએ રહે છે, અને લોલકની લંબાઈમાં અને તેથી આંદોલન સમયમાં ફેર પડતો નથી. આકૃતિ (૧૩૩ '૨') માં બતાવેલું ચક્ર નાના ઘડિયાળમાં વપરાય છે અને ઉષ્ણતાથી એનો વ્યાસ (diameter) વધે નહિ તેટલા માટે अ અને व ધાતુથી જોડેલું ચક્ર બનાવેલું હોય છે. व નો પ્રસરણાંક વધુ હોવાથી ઉષ્ણતાને લીધે ગોળ પટી વધુ વાંકી થાય છે અને ચક્રનો વ્યાસ તેટલો જ રહે છે. જો વ્યાસમાં વધઘટ થાય તો એ ચક્રના આંદોલન સમયમાં પણ ફેર પડે છે.

૮. એકાએક ગરમ થવાનાં પરિણામ. એકાદ સાદા પાતળા કાચનું લાંબુ જામ લઈ તેમાં એકદમ ગરમ પાણી રેડીએ તો તે તૂટી જાય છે; કારણ કે જેટલા ભાગમાં ગરમ પાણી પડે છે તેટલો ભાગ એકાએક ઉષ્ણ થવાથી વિસ્તાર પામે છે, જ્યારે બીજો ઠંડો ભાગ તેવડો જ રહે છે. આથી સાધારણ કાચના વાસણમાં પાણી રેડતાં પહેલાં બહુ સંભાળ રાખવી પડે છે ફાનસની ગરમ ચીમની ઉપર પાણીના છાટાં પડતાં ઘણીવાર તે ફૂટી જાય છે તેનું કારણ પણ આ જ છે. જેનો પ્રસરણાંક બહુ ઓછો હોય તેવી જાતના કાચ પણ આવે છે, અને તેમાં ગરમ પાણી રેડવાથી તૂટી જતા નથી. કાચની બારીઓ અને ચશ્માના કાચ પણ જો ગરમીથી વિસ્તાર ન પામતાં હોય તેવાં ચોકઠામાં બેસાડવામાં આવે તો તૂટી

જવાનો સંભવ રહે છે, કારણ કે કાચને વિસ્તૃત થવાની જગ્યા મળતી નથી.

૯. **ઘન, પ્રવાહી અને વાયુનાં કદનું પ્રસરણ.** એકસરખા કદના ઘન, પ્રવાહી, અને વાયુ લઈએ અને તેમના ટેમ્પરેચરમાં એકસરખો વધારો કરવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે વાયુ સૌથી વધુ વિસ્તાર પામે છે, પ્રવાહી તેથી ઓછું વિસ્તાર પામે છે અને ઘન વસ્તુ સૌથી ઓછો વિસ્તાર પામે છે. દાખલા તરીકે, ૫૦ લાખ ઘનફૂટ લોખંડ, તેટલો જ પારો અને તેટલો જ વાયુ લઈએ અને સર્વેનું ટેમ્પરેચર ૧° સે. વધારીએ તો તેમના કદમાં અનુક્રમે આશરે નીચે પ્રમાણે વધારો થશે. લોખંડનાં કદમાં ૧૮૦ ઘનફૂટનો, પારાના કદમાં ૯૦૦ ઘનફૂટનો અને વાયુનાં કદમાં ૧૮,૦૦૦ ઘનફૂટનો. આ ઉપરથી ચોખ્ખું દેખાઈ આવે છે કે ઉષ્ણુતાને લીધે વાયુનાં કદમાં સૌથી વધુ પ્રસરણ થાય છે. સામાન્ય નિયમ પ્રમાણે એક વસ્તુ ઘન હોય છે ત્યારે તેનું કદ નાનું હોય છે; એને ગરમ કરતાં એ પીગળીને પ્રવાહી થાય છે ત્યારે એનું કદ વધે છે; અને પ્રવાહીને લાંબો વખત ગરમ કરવાથી એ વાયુરૂપ થાય છે અને કદ એકદમ વધી જાય છે. આમ છતાં પાણીના ત્રણ સ્વરૂપમાં કંઈક અંશે આ નિયમમાં અપવાદ આવે છે, તે આપણે આગળ જોઈશું.

૧૦. **વસ્તુને ગરમ કરવાથી તેની ઘનતા ઓછી થાય છે.** વસ્તુનું કદ ઉષ્ણુતાને લીધે વધે છે, પરંતુ તેનાં વજનમાં વધારો ન થતો હોવાથી વસ્તુની ઘનતા ઓછી થાય છે. ઘન, પ્રવાહી કે વાયુમય સ્થિતિમાં પણ આ રીતે ટેમ્પરેચર વધવાથી દ્રવ્યની ઘનતા ઓછી થાય છે. ઠંડા પાણીમાં કાળજીપૂર્વક ગરમ પાણી ધીમેથી રેડીએ તો ગરમ પાણી ઉપર રહે છે અને ઠંડું પાણી નીચે રહે છે. વાતાવરણમાં પણ ગરમીની ઋતુમાં દિવસે પૃથ્વીની

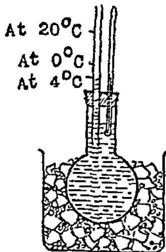
સપાટી ઉપરની હવા સમુદ્રની સપાટી કરતાં પ્રમાણમાં વધુ ઉષ્ણ થાય છે. આથી જમીનની સપાટીની હવા હલકી બને છે અને ઊંચે ચઢે છે તેની જગ્યા લેવા સમુદ્રની ઠંડી અને ભારે હવા જમીન તરફ સાંજે વાય છે. રાત્રે જમીન જલદી ઠંડી પડી જાય છે, પણ સમુદ્ર તેટલો ઠંડો પડી જતો નથી એટલે જમીનની હવા ભારે હોવાથી સમુદ્ર તરફ ધસે છે. આ જાતના દિનરાત બદલાતા હવાના પ્રવાહો સમુદ્રથી ૨૫ માઈલ દૂર સુધી જ માલૂમ પડે છે.

(પાણીની ઘનતા 0° થી ૪° સેંટીગ્રેડ સુધીમાં વધે છે.)

૧૧. પાણીનાં ઘનતા અને કદમાં થતા ફેરફાર. પાણીનાં ત્રણ સ્વરૂપો જાણીતાં છેઃ ઘન રૂપમાં બરફ, પ્રવાહી રૂપમાં પાણી અને વાયુ રૂપમાં વરાળ. ઘણુંખરું બરફનું શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ ટેમ્પરેચર હોય છે. પરંતુ એથી ઓછું ટેમ્પરેચર પણ હોઈ શકે છે. એટલે બરફને 0° સે. થી ઓછાં ટેમ્પરેચરે લઈ જઈએ તો તેનું કદ ઘટે છે અને ઘનતા વધે છે. ધારો કે બરફનું ટેમ્પરેચર શૂન્યથી ૧૦° સેં. નીચે છે, અને તેને ઉષ્ણતા આપવામાં આવે, તો તેની ઘનતા ઘટતી જશે અને કદ વધતું જશે. શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ પહોંચ્યા પછી બરફનું પાણી થશે પરંતુ અહીં શૂન્ય ડીગ્રીના પાણીનું કદ શૂન્ય ડીગ્રીના બરફથી ઓછું થશે. બીજી બધી વસ્તુ કરતાં આ ઘટના વિચિત્ર છે. ઘનને પ્રવાહી કરવામાં આવે તો ઘન કરતાં પ્રવાહીનું કદ હંમેશાં વધુ હોય છે, પરંતુ બરફને શૂન્ય ડીગ્રીએ પાણી બનાવીએ તો પાણીનું કદ બરફથી ઓછું થાય છે. આથી બરફની ઘનતા પાણીની ઘનતાથી ઓછી જ રહે છે અને શૂન્ય ડીગ્રીના પાણીમાં બરફ મૂકીએ તો બરફ તરતું રહે છે.

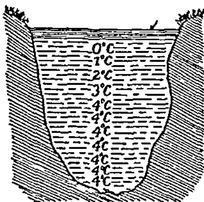
પ્રયોગ (પાણીની મહત્તમ ઘનતા શોધવી.):—એક ગોળ બેસણીની પાતળા કાચની પાણીથી ભરેલી બરણી લો. તેના મોંમાં એક બે કાણા વાળો

આકૃતિ ૧૩૪



બૂચ દાખલ કરો એક કાણામાંથી એક બન્ને છેડે ખુલ્લી નળી દાખલ કરો બીજા કાણામાંથી એક થર્મોમિટર દાખલ કરો. એ બરણીને હવે પહોળા વાસણમા બરફ અને મીઠાનુ મિશ્રણ (freezing mixture) હોય તેમા બરોબર ગોઠવો. શરુઆતમા બરણીમાંની નળીમાં થોડુ પાણી ઊંચે ચઢેલુ હોવુ જોઈએ. જેમ જેમ પાણી ઠંડુ થતુ જાય તેમ તેનુ કદ ઘટે છે જો પાણી શરુઆતમા ૨૦° સે નુ હોય તો ૪° સે. ટેમ્પરેચર સુધી પાણીનુ કદ ઘટનાથી પાણી સંકોચાવાથી નળીમા તેની સપાટી નીચે ઊતરતી માલૂમ પડશે જ્યારે ૪° સે થી ટેમ્પરેચર વધુ ઘટે છે ત્યારે પાણી સંકોચાવાને બદલે વિસ્તૃત થાય છે અને તેથી આકૃતિમા બતાવ્યા મુજબ 0° સે ટેમ્પરેચરે નળીમા પાણી પાછુ ઊંચે ચઢેલુ માલૂમ પડશે

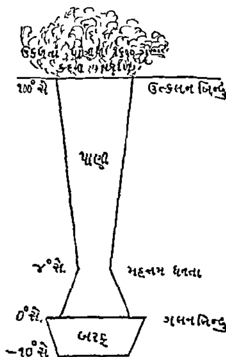
આકૃતિ ૧૩૪-અ



ઉપરના પ્રયોગથી સમજાય છે કે ૪° સે ટેમ્પરેચરે આપેલાં પાણીનું કદ સૌથી ઓછું હોય છે. એથી ઓછાં અગર વધુ ટેમ્પરેચરે તેનું કદ વધે છે આથી એમ સમજાય છે કે ૪° સે. ટેમ્પરેચરે પાણીની ઘનતા મહત્તમ (વધુમા વધુ) છે અને તેથી ઓછા તેમજ વધુ ટેમ્પરેચરે ઘટે છે.

ઠંડા પ્રદેશોમાં સમુદ્રમાં પણ બરફ જામી જાય છે, ત્યાં પણ બરફ હલકો હોવાથી સમુદ્રની સપાટી ઉપર જ બાઝે છે ને તરતો રહે છે. સમુદ્રનાં તળિયાંમાં મહત્તમ ઘનતાવાળું પાણી, એટલે કે ચાર ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ ટેમ્પરેચરનું પાણી રહે છે. આકૃતિ (૧૩૪-અ) માં સમુદ્રની સપાટી ઉપર બરફ કેવી રીતે બાઝે છે અને નીચેના પાણીનું ટેમ્પરેચર તળિયાં સુધી કેમ બદલાય છે તે બતાવવામાં આવ્યું છે. જો બરફ પાણીથી ભારે હોત તો સમુદ્રના તળિયાંમાં સદાને માટે બરફ જામેલું રહેત અને માત્ર સપાટીનું પાણી વારંવાર ઠરીને પીગળી જાત.

આકૃતિ ૧૩૫.



બાજુની આકૃતિ (૧૩૫) માં પાણીના કદમાં થતા ફેરફારો આકૃતિની પહોળાઈ વડે બતાવવામાં આવ્યા છે. −૧૦° સેંટીગ્રેડથી 0° સેંટીગ્રેડ સુધી બરફનું કદ વધે છે. 0° સેંટીગ્રેડ બરફનું પાણી થતાં કદમાં એકદમ ઘટાડો થાય છે. અને ૪° સે. સુધી કદ ઘટે છે. ત્યાર પછી વધુ ગરમ કરતાં કદ ધીમેધીમે વધે છે. ૧૦૦° સે. પાણીની વરાળ બને છે, અને વરાળનું કદ પાણીથી ૧૬૦૦ ગણું વધી જાય છે.

પાણી અને બરફના કદમાં શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ ટેમ્પરેચરે જે એકાએક ફેરફાર થાય છે તેથી કેટલીક વાર પ્રચંડ બળ પણ પેદા થઈ શકે છે. ઠંડા પ્રદેશોમાં પર્વતો ઉપર બરફ બંધાય છે ત્યાં પથ્થરની ફાટમાં પાણી ભરાયેલું હોય તેનું બરફ થવાથી કદમાં વધારો થાય છે અને પથ્થર તૂટી જાય છે. એ જ પ્રમાણે ઘણી વાર ઠંડા દેશના નળોમાં એકાએક પાણીનું બરફ થઈ જવાથી કદમાં વધારો થાય છે અને તે નળને ફાડી નાંખે છે.

કેટલીક વસ્તુના પ્રસરણાંક નીચે બતાવ્યા છે :—

રૈખિક પ્રસરણાંક		કદ પ્રસરણાંક	
'ઇન્વાર' લોખંડ	0·0000009	આલ્કોહોલ	0·00112
કાચ સાદો ...	0·0000090	ગ્લિસરિન	0·00050
કાચ પાઈરેક્સ ..	0·0000030	પારો	0·00018
લોખંડ	0·0000120	પાણી	0·00020
ત્રાંબું	0·0000170	વાયુ	0·00366
પિત્તળ	0·0000190		
એલ્યુમિનિયમ ...	0·0000230		

સાર

૧. ઉષ્ણતા એટલે પદાર્થના અણુની ગમનશક્તિ (kinetic energy) ની અવસ્થા. જે પદાર્થ વધુ ઉષ્ણ હોય તેના અણુની ગમનશક્તિ વધુ અને ઠંડો હોય તેની ઓછી હોય છે.

૨. ઉષ્ણતા ઘર્ષણથી, રાસાયણિક ક્રિયાથી, વિદ્યુતથી, અને પ્રકાશ વડે મળે છે. દા. ત. :—ચકમક વડે ઘર્ષણથી, સલ્ફ્યુરિક એસિડને પાણીમાં ઓગાળવાથી રાસાયણિક ક્રિયા વડે, પાતળા તારમાંથી વિદ્યુત પસાર કરવાથી અને સૂર્યમાંથી પ્રકાશ વડે ઉષ્ણતા પેદા થાય છે.

૩. ઉષ્ણતા વધારવાથી દરેક પદાર્થ ઘણે ભાગે વિસ્તૃત થાય છે. દા. ત.—પૈડા ઉપર ઠંડી વાટ ચડતી નથી, પરંતુ ગરમ કરવાથી વિસ્તૃત થઈ ઉપર ચડે છે અને ઠંડી થવાથી લાકડાના પૈડાને સુરત જકડી લે છે. ધન, પ્રવાહી અને

વાયુ ત્રણેને ઉષ્ણતા મળવાથી વિસ્તૃત થાય છે. ગરમી આપવાથી બરફનું પાણી થાય છે અને ૪° સે. સુધી પહોંચે ત્યાં સુધી પાણીનું કદ વધવાને બદલે ઘટે છે. આ ઘટના એક અપવાદરૂપ છે. ૪° સે. પછી પાણીનું કદ ઉષ્ણતા આપવાથી વધે છે. ઉષ્ણતાથી ઘન વસ્તુના કદ કે લંબાઈમાં વધારો થાય તે ઘટનાનો ઉપયોગ અગ્નિસૂચક, સમતોલ લોલક, ગાડીના પટ્ટાની વચ્ચે રાખવામાં આવતી ખાલી જગા વગેરે બાબતમાં થાય છે. પ્રવાહીના કદ પ્રસરણનો ઉપયોગ થર્મોમિટર બનાવવામાં થાય છે. ઉષ્ણતા વધવાથી ઘન વસ્તુનું પ્રસરણ ઓછું થાય છે, પ્રવાહીનું તેથી વધુ થાય છે અને વાયુનું સૌથી વધુ થાય છે.

૪. એક સેંટીમિટર લંબાઈની વસ્તુનું ટેમ્પરેચર ૧° સે. વધારવામાં આવે તેથી લંબાઈમાં જે વધારો થાય તેને રૈખિક પ્રસરણાંક (co-efficient of linear expansion) કહેવામાં આવે છે. એ જ પ્રમાણે ૧° સે. ટેમ્પરેચર વધવાથી એક ચોરસ સેમિ. સપાટીના પૃષ્ઠના ક્ષેત્રફળનો વધારો અથવા એક ઘન સેમિ કદના પદાર્થના કદમાં થયેલા વધારાને અનુક્રમે પૃષ્ઠપ્રસરણાંક અને ઘન (કદ) પ્રસરણાંક કહેવામાં આવે છે.

$$\text{રૈખિક પ્રસરણાંક} = \frac{\text{વસ્તુની લંબાઈનો વધારો}}{\text{વસ્તુની મૂળ લંબાઈ} \times \text{ટેમ્પરેચરનો વધારો}}$$

ઘન પ્રસરણાંક રૈખિક પ્રસરણાંક કરતાં આશરે ત્રણગણું હોય છે.

પ્રશ્નો

(૧) પાતળા કરતાં જાડા કાચના જામમાં ગરમ પાણી નાંખવાથી તૂટી જવાનો સંભવ વધારે છે. કારણ શું?

(૨) સમુદ્રનાં તળિયાંનું પાણી હંમેશાં ૪° સે. નું જ કેમ હોય છે?

(૩) કાચની શીશીમાં ચુસ્ત થઈ ગયેલો બૂચ ઘણી વાર શીશીના મુખમાં ઉષ્ણ પાણી રેડવાથી આપોઆપ કેમ નીકળી આવે છે?

(૪) જુદીજુદી ધાતુનું પ્રસરણ જુદું હોવાની ઘટનાનો ઉપયોગ થયા હોય એવા બે દાખલા આપો.

(૫) કાચની બરણી (flask) માં પાણી ગરમ કરતાં પ્રથમ પાણી સહેજ નીચે ઊતરે અને પછી પાછું ઉપર ચઢે છે, એનું શું કારણ?

(૬) ઉષ્ણતા એટલે શું? ઉષ્ણતા કેટલા પ્રકારે ઉત્પન્ન થાય છે?

પ્રકરણ ૧૪

ટેમ્પરેચર અને થર્મોમિટર (ઉષ્ણુતામાપક)

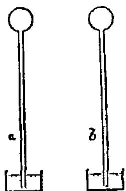
Temperature and Thermometer

૧. ટેમ્પરેચર અને ઉષ્ણુતા (Temperature and Heat). એક ઠંડી અને બીજી ગરમ વસ્તુ હોય તો ઠંડી વસ્તુનું ટેમ્પરેચર (ઉષ્ણુતામાન, temperature) ઓછું છે અને ગરમ વસ્તુનું ટેમ્પરેચર વધુ છે એમ આપણે કહીએ છીએ. આથી "ટેમ્પરેચર-ઉષ્ણુતામાન" શબ્દ વસ્તુના ગરમપણા અથવા ઠંડાપણાનો નિર્દેશ કરે છે. ઉષ્ણુતા એટલે ગરમીનો કુલ જથ્થો. ૧૦૦ ગ્રામ ઊકળતું પાણી લઈએ અને ૧ ગ્રામ ઊકળતું પાણી લઈએ તો ૧ ગ્રામ પાણીમાં ઓછી ઉષ્ણુતા છે અને ૧૦૦ ગ્રામ પાણીમાં સોગણી ઉષ્ણુતા છે; પરંતુ તે બન્નેની અવસ્થા એકસરખી ગરમ (ઉષ્ણુ) છે, એટલે કે બન્નેનું ટેમ્પરેચર સરખું છે. આથી ટેમ્પરેચર (ઉષ્ણુતામાન) વસ્તુની ગરમપણાની અથવા ઠંડાપણાની અવસ્થા દર્શાવે છે, જ્યારે ઉષ્ણુતા વસ્તુમાં રહેલી કુલ ગરમી દર્શાવે છે. પ્રથમ ટેમ્પરેચર (temperature) કેવી રીતે માપવામાં આવે છે તે જોઈએ.

૨. ટેમ્પરેચરનું માપ. ગેલિલિયોના સમય સુધી કોઈએ ટેમ્પરેચરનું માપ રાખવાનું એક પણ સાધન યોજ્યું ન હતું. માત્ર સ્પર્શથી જ વસ્તુ કેટલી ઉષ્ણુ અથવા ઠંડી છે એ કલ્પવામાં આવતું. કેટલીક વાર આવાં અનુમાનો ખોટાં પડે છે. દાખલા તરીકે, ઘણા ગરમ પાણીમાં હાથ રાખેલો હોય તેને જો તરત ઓછાં ગરમ પાણીમાં નાંખીએ તો તે પાણી ઠંડુ લાગે છે. જો હાથ પ્રથમ ઠંડા પાણીમાં હોય અને ત્યાર પછી જો તેથી સહેજ ગરમ પાણીમાં

નાંખીએ તો તે ઘણું ગરમ લાગે છે. આવી જાતની મુસીબતોને લીધે વસ્તુની ઉષ્ણુતાની અવસ્થાનું એટલે કે વસ્તુના ટેમ્પરેચરનું ચોક્કસ માપ કાઢવા માટે પ્રથમ ગૅલીલિયોએ વાયુનું થર્મોમિટર (ઉષ્ણુતામાપક, thermometer) વાપર્યું હતું. હાલમાં અનેક જાતનાં થર્મોમિટરો વપરાય છે.

આકૃતિ ૧૩૬.



૩. ગૅલિલિયોનું થર્મોમિટર. પ્રયોગઃ— આકૃતિ (૧૩૬,a) માં બનાવ્યા મુજબ કાચના નળીવાળી એક ગોળાને ઊંધો રાખી નળીનો છેડો પાણીમાં ડૂબવા દો પ્રથમ ગોળાનો સહેજ ગરમ કરો થોડી હવા બહાર નીકળી જશે. ગોળાને પાછો ઠંડો પડવા દો. નળીમાં થોડું પાણી ઊંચે ચઢે છે (આકૃતિ ૧૩૬,b). હવે ગોળાની નજીક સહેજ ગરમ વસ્તુ લઈ જાઓ તો અંદરની હવા વિસ્તૃત થશે અને તેથી પાણીની સપાટી નીચે ઊતરશે ગોળાની નજીક બરફ લઈ જાઓ તો તેની ઠંડકને લીધે ગોળાની અંદરનો વાયુ સંકોચાય છે અને તેથી પાણીની સપાટી ઊંચે ચઢે છે. ગોળાની નળીની ઉપર આપસર આંક પાડવામાં આવે તો એ સાધન વડે ટેમ્પરેચર માપી શકાય છે.

પ્રયોગમાં દર્શાવેલાં સાધનને ગૅલિલિયોનું થર્મોમિટર કહેવામાં આવે છે. એની રચના પ્રથમ ગૅલિલિયોએ કરી હતી. પાડુઆની યુનિવર્સિટીમાં ૧૫૯૨ ની સાલમાં ગૅલિલિયોએ પ્રથમ થર્મોમિટર (ઉષ્ણુતામાપક) બનાવ્યું હતું. ગૅલિલિયોને ઘન, પ્રવાહી, અને વાયુના પ્રસરણ વિષે સંપૂર્ણ માહિતી હતી; અને વાયુનું પ્રસરણ પ્રમાણમાં વિશેષ હોવાથી તેણે વાયુનું થર્મોમિટર બનાવ્યું હતું.

૪. પારાનું થર્મોમિટર (ઉષ્ણુતામાપક). આગલા પ્રકરણમાં જોઈ ગયા છીએ કે ઘન, પ્રવાહી, અને વાયુ એ સર્વે ઉષ્ણુતાને

લીધે વિસ્તાર પામે છે. આથી થર્મોમિટર તરીકે ત્રણે જાતનાં દ્રવ્યનો ઉપયોગ થઈ શકે છે. ઉષ્ણ થવાથી ઘન વસ્તુના વિસ્તારમાં પ્રમાણમાં ઓછો વધારો થાય છે, એટલે પ્રવાહી અને વાયુ, જેમના કદમાં ઉષ્ણતાને લીધે પ્રમાણમાં ઘણો વધારો થાય છે, તે થર્મોમિટર માટે વધુ અનુકૂળ થઈ પડે છે. ગેલિલિયોનું વાયુનું થર્મોમિટર બહુ સગવડભર્યું નથી, એટલે પારાનું થર્મોમિટર યોજવામાં આવ્યું છે. થર્મોમિટરમાં મોટે ભાગે પારો વાપરવામાં આવે છે તેનું કારણ પારાનાં કેટલાક અનુકૂળ આવે તેવા ગુણધર્મો છે, અને તે કારણો પાછળથી બતાવવામાં આવ્યાં છે.

પારાનું થર્મોમિટર કેવી રીતે બનાવવું. એક કાચની બારીક અને એકસરખા છેદ (cross-section) વાળી નળી લો એ નળીના એક છેડાને સ્પીરિટ બર્નર અથવા બુનસેન બર્નરની જ્યોતમાં ખૂબ તપાવી બંધ કરો અને પછી ઉપલા છેડા વાટે ફૂંક મારી એક ગોળ દડો બનાવો નળીના ઉપલા છેડાને પહોળી નળી સાથે જોડીને ગળણી જેવો બનાવવો; નહિતર એક રબરની ટૂંકી નળી વડે એક નાની ગળણીને એ નળીના ઉપલા ખુલ્લા છેડાની સાથે જોડો.

આકૃતિ ૧૩૭



હવે ગળણીમાં થોડો પારો રેડો. નળીનુ છિદ્ર બારીક હોવાથી પારો આપમેળે છિદ્રમાં દાખલ થઈને નીચે ઊતરતો નથી. નીચેના ગોળાને પાણીમાં મૂકી ગરમ કરો. અંદરની થોડી હવા ગરમ થવાથી વિસ્તાર પામીને બહાર નીકળી જશે હવે એ ગોળાને થડો પાડો એટલે અંદરની હવા સંકોચાશે અને પારો નળીમાં દાખલ થશે. આ પ્રમાણે વારંવાર ગોળાને ગરમ કરી થડો પાડવાથી તે ગોળો તથા નળી પારાથી સંપૂર્ણ ભરાઈ જશે નળીમાં હવા ન રહે તેની કાળજી રાખો.

હવે એ નળીના ઉપલા છેડાને બંધ કરતાં પહેલાં તેને ૧૦૦° મે થી વિશેષ ટેમ્પરેચર હોય તેવાં ગરમ પ્રવાહીમાં રાખીને ઉપલા ખુલ્લા છેડાને બર્નર વડે (ફૂંકણી વાપરી) ગરમ કરી બંધ કરી દો.

આ પછી થર્મોમિટર ઉપર પ્રમાણસર આંક કેમ પાડવા તે નીચે બતાવ્યું છે.

બરફ પીગળે તે અને સામાન્ય દબાણે ચેાખ્ખું પાણી ઊકળે તે બે ટેમ્પરેચરને આધારભૂત ટેમ્પરેચર તરીકે લેવામાં આવે છે એ બે ટેમ્પરેચરે થર્મોમિટરના પારાની સપાટી કયી જગાએ બતાવે તેની પ્રથમ નોંધ કરીને તે બિંદુને નિયત બિંદુઓ (fixed points) કહેવામાં આવે છે. એ બે બિંદુ વચ્ચેના અંતરને સરખે ભાગે વહેંચી નાખી જુદાજુદા પ્રકારના માપવાળાં થર્મોમિટર બનાવવામાં આવે છે.

ધ્યાનમાં રાખવાની જરૂર છે કે પ્રમાણસર આંક પાડવા માટે થર્મોમિટરની નળી એકસરખા નાકા (આડછેદ, *cross-section*) વાળી હોવી જોઈએ.

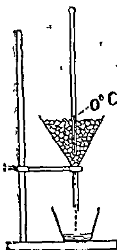
૫. ઉત્કલન અને ગલનબિંદુ (Boiling and Melting Points) જે ટેમ્પરેચરે બરફ પીગળે છે તેને †ગલનબિંદુ (melting point) કહેવામાં આવે છે, અને જે ટેમ્પરેચરે પાણી ઊકળે છે તેને ઉત્કલનબિંદુ (boiling point) કહેવામાં આવે છે.

થર્મોમિટરની ઉપર જુદાંજુદાં ટેમ્પરેચરનાં આંક પાડવા પ્રથમ આ બે બિંદુના આંક નક્કી કરવામાં આવે છે.

ઉત્કલનબિંદુઅને ગલનબિંદુના આંક નીચેના પ્રયેાગેા વડે નિયત થાય છે.

† ગલનબિંદુને ઘણીવાર ઠારબિંદુ (freezing point) પણ કહેવામાં આવે કારણ કે એ ટેમ્પરેચરે પાણી ઠરીને તેનું બરફ બનવા લાગે છે.

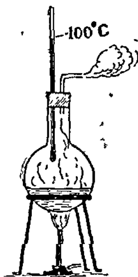
આકૃતિ ૧૩૮.



ગલનબિંદુ (melting point) અથવા ઠારબિંદુ (freezing point) નક્કી કરવાનો પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૧૩૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચની ગળણી લો અને એક સ્ટેંડ વડે તેને જકડી રાખો. એ ગળણીમાં થોડો બારીક ભૂકો કરેલો ચોખ્ખો બરફ ભરો. ગળણીની નીચે એક જામ રાખો, જેથી પીગળેલા બરફનું પાણી તેમાં પડે. બરફના ભૂકામાં એક થર્મોમિટરનો ગોળો (bulb) રાખો. પાંચેક મિનિટ પછી થર્મોમિટરનો પારો ક્યાં આવીને અટક્યો તેની નોંધ કરો. એ સપાટી આગળનું ટેમ્પરેચર શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ (0° સે) છે અને તેને ગલનબિંદુ કહેવામાં આવે છે.

ઉત્કલનબિંદુ નક્કી કરવાનો પ્રયોગ (૨):— આકૃતિ (૧૩૯) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચની લાંબા ડોકવાળી બરણી (flask) માં થોડું પાણી લો. જો બરણીની ડોક પૂરતી લાંબી ન હોય તો એક પહોળી કાચની નળીને બરણીમાં બૂચ વડે દાખલ કરો. ઉપરનું મોં બે કાણાંવાળા એક બૂચ વડે બંધ કરો. તે બૂચનાં એક કાણાં-માંથી એક થર્મોમિટરને ચુસ્ત બેસાડો. બીજા કાણાંમાથી એક કાટખૂણે વાળેલી નળી દાખલ કરો. હવે પાણીને ઊકાળો. ઊકળતુ પાણી ચોખ્ખું હોય તો તેનુ તથા તેની વરાળનુ ટેમ્પ-રેચર સરખુ જ હોય છે, એટલે ઊકળતા પાણીની વરાળમાં જ થર્મોમિટરને ગરમ કરો. વરાળનુ ટેમ્પરેચર હવાના સામાન્ય દબાણે (૭૬ સેમિ દબાણ) સો ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ જેટલું હોય છે. જો પાણીમાં થર્મોમિટર હોય અને પાણીમાં કંઈ અશુદ્ધિ હોય તો ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે થી વધુ

આકૃતિ ૧૩૯.



આવશે. પાણી ઊકળવા લાગે પછી પાંચ ૭ મિનિટે થર્મોમિટરના પારાની સપાટી જ્યાં સ્થિર રહે તેની નોંધ કરો. ત્યાંનું ટેમ્પરેચર સો ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ (૧૦૦° સે.) છે. આને ઉત્કલન બિંદુ † કહેવામાં આવે છે.

[જો હવાનું દબાણ ૭૬ સેમિ. થી ઓછું હોય તો ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે. થી ઓછું આવે છે, અને દબાણ વધુ હોય તો ટેમ્પરેચર વધુ થાય છે. પાણીમાં કંઈક દ્રાવ્ય પદાર્થ ભળેલો હોય તો તેનું ટેમ્પરેચર વધુ થાય છે. તેથી થર્મોમિટરને વરાળમાં જ રાખવામાં આવે છે. હવાનાં દબાણને અંગે વરાળનાં ટેમ્પરેચરમાં થતા ફેરફારને ધ્યાનમાં લઈ થર્મોમિટર ઉપર ૧૦૦ ડીગ્રીનો આંક પાડવામાં આવે છે.]

૬. સેંટીગ્રેડ, ફેરનહિટ, અને રયુમર થર્મોમિટરનાં માપો (Centigrade, Fahrenheit, and Reumer Scales). સામાન્ય ઉપયોગમાં આવતાં થર્મોમિટર મુખ્યત્વે ત્રણ પ્રકારનાં છે: સેંટીગ્રેડ; ફેરનહિટ અને રયુમર. એ ત્રણે જાતનાં થર્મોમિટરનાં ડીગ્રીના આંકો જુદાંજુદાં માપના હોય છે. વૈજ્ઞાનિક પ્રયોગોમાં ખાસ કરીને સેંટીગ્રેડ થર્મોમિટર વપરાય છે. ફેરનહિટ થર્મોમિટર શરીરનું ટેમ્પરેચર નોંધવામાં અને હવામાનના ટેમ્પરેચરની નોંધ રાખવામાં વપરાય છે. રયુમર થર્મોમિટર ખાસ વપરાશમાં આવતું નથી. સેંટીગ્રેડ થર્મોમિટરમાં ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચેના ગાળાને સો સરખા ભાગમાં વહેંચવામાં આવે છે, અને દરેક ભાગને એક ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ (૧° સે.) અને ઉત્કલનબિંદુને સો ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ (૧૦૦° સે.) કહેવામાં આવે છે. ગલનબિંદુને શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ (0° સે.) કહેવામાં આવે છે. ફેરનહિટ થર્મોમિટરમાં ગલનબિંદુને ૩૨ ડીગ્રી (૩૨° ફે.) ફેરનહિટ વડે અને ઉત્કલનબિંદુને ૨૧૨° ફે. વડે દર્શાવવામાં આવે છે. આ બે ટેમ્પરેચરના ગાળાને ૧૮૦ સરખા ભાગમાં વહેંચવામાં આવ્યો છે. ફેરનહિટ થર્મોમિટરમાં શૂન્ય

† કેટલીક વાર ઉત્કલનબિંદુને ક્વથનાંક પણ કહેવામાં આવે છે.

ડીગ્રીનું ટેમ્પરેચર ગલનબિંદુથી નીચે છે. એ ટેમ્પરેચર આલ્પ્સના પર્વત ઉપર માલૂમ પડ્યું હતું અને તે વખતે એના રચનારે (ફેરનહિટે) એમ ધાર્યું હતું કે તે ટેમ્પરેચર ઓછામાં ઓછું જ હશે. આ કારણથી તે ટેમ્પરેચરને શૂન્ય ડીગ્રી કહેવામાં આવ્યું. ર્‌યુમર થર્મોમિટરમાં ગલનબિંદુને શૂન્ય ડીગ્રી જ કહેવામાં આવે છે, પરંતુ ઉત્કલનબિંદુને ૮૦ ડીગ્રી ર્‌યુમર (૮૦° ર્‌યુ.) કહેવામાં આવે છે. વચ્ચેના ટેમ્પરેચરના ગાળાને ૮૦ સરખા ભાગોમાં વહેંચવામાં આવ્યા છે. આ ત્રણે પ્રકારના થર્મોમિટરની રચના એક જ જાતની છે.

ત્રણ જાતના થર્મોમિટરનાં માપો.

થર્મોમિટરનું નામ.	ગલન બિંદુ	ઉત્કલન બિંદુ	એ નિયતબિંદુ વચ્ચેના આંકની સંખ્યા
સેંટીગ્રેડ	0° સે.	૧૦૦° સે.	૧૦૦
ફેરનહિટ	૩૨° ફે.	૨૧૨° ફે.	૧૮૦
ર્‌યુમર	0° ર્‌યુ.	૮૦° ર્‌યુ.	૮૦

0° સે. = શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ, 0° ફે. = શૂન્ય ડીગ્રી ફેરનહિટ 0° ર્‌યુ. = શૂન્ય ડીગ્રી ર્‌યુમર.

૭. **ત્રણે પ્રકારનાં થર્મોમિટરની સરખામણી.** સેંટીગ્રેડ, ફેરનહિટ અને ર્‌યુમરનાં માપોની એકબીજાની સરખામણી ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ આગળનાં ટેમ્પરેચર વડે થઈ શકે છે. સેંટીગ્રેડ અને ર્‌યુમરને સરખાવવું સરળ છે; કારણ કે બન્નેનાં

ગલનબિંદુ શૂન્ય છે. ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચેના સેંટીગ્રેડના ૧૦૦ ભાગ બરાબર રચુમરના ૮૦ ભાગેા છે, એટલે નીચેના સમીકરણ (equation) વડે એક ટેમ્પરેચરને બીજાંમાં સહેલાઈથી ફેરવી શકાય છે.

स = સેંટીગ્રેડમાં ટેમ્પરેચર, र = રચુમરમાં ટેમ્પરેચર

स : र :: ૧૦૦ : ૮૦, એટલે, $\frac{स}{૧૦૦} = \frac{र}{૮૦}$

એ જ પ્રમાણે સેંટીગ્રેડ અને ફેરનહિટની સરખામણી થાય છે. ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચેના સેંટીગ્રેડના ૧૦૦ ભાગ બરાબર ફેરનહિટના ૧૮૦ ભાગ છે, પરંતુ ફેરનહિટનું ગલનબિંદુ ૩૨° ફે. હોવાથી, રૂપાંતર કરતી વેળા સહેજ ફેરફાર કરવેા પડે છે. દાખલા તરીકે, ફેરનહિટમાં એક ટેમ્પરેચર फ હોય અને તેને સેંટીગ્રેડમાં લઈ જવું હોય તેા પ્રથમ ગલનબિંદુ (૩૨° ફે.) અને फ વચ્ચે કેટલા ડીગ્રીના આંક છે તે જોવું પડશે. એટલે (फ–૩૨) આંકને સેંટીગ્રેડમાં ફેરવવું પડશે. હવે આપણે જાણીએ છીએ કે ૧૮૦ ફેરનહિટના આંક અને ૧૦૦ સેંટીગ્રેડના આંક સરખા છે.

એટલે, स : (फ–૩૨) :: ૧૦૦ : ૧૮૦, અથવા, $\frac{स}{૧૦૦} = \frac{फ-૩૨}{૧૮૦}$

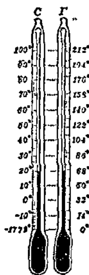
ટૂંકમાં, જો स (C), फ (F) અને र (R) વડે એક જ ટેમ્પરેચર અનુક્રમે સેંટીગ્રેડ, ફેરનહિટ અને રચુમરમાં બતાવ્યું હોય તેા નીચેના સમીકરણમાંથી એકમાંથી બીજું ટેમ્પરેચર શેાધી શકાશે.

$$\frac{स}{૧૦૦} = \frac{फ-૩૨}{૧૮૦} = \frac{र}{૮૦}; \quad \frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{R}{80}$$

સેંટીગ્રેડ અને ફેરનહિટ ટેમ્પરેચરની સરખામણીને માટે આકૃતિ (૧૪૦) માં સેંટીગ્રેડ થર્મોમિટર (C) અને ફેરનહિટ થર્મોમિટર (F) બતાવવામાં આવ્યાં છે.

૮. થર્મોમિટરમાં પારો જ શાથી વપરાય છે? ઘણાખરાં થર્મોમિટરમાં પારો જ વાપરવામાં આવે છે, અને બીજાં પ્રવાહી ખાસ કરીને વાપરવામાં નથી આવતાં. પાણી અથવા આલ્કોહૉલનાં થર્મોમિટર વપરાય છે; પરંતુ સૌથી વધુ ઉપયોગ પારાનો જ થાય છે. એનાં કારણ નીચે મુજબ છે. (૧) પ્રમાણમાં પારાનું પ્રસરણ (expansion) વધુ છે, એટલે ટેમ્પરેચરના નાના ફેરફારો પણ નોંધી શકાય છે. (૨) પાણી અને બીજાં પ્રવાહી કરતાં પારો વધુ ઉષ્ણતાવાહક છે, એટલે જે વસ્તુનું ટેમ્પરેચર માપવું હોય તે જ ટેમ્પરેચર સુધી પારો જલદી તપી જાય છે. (૩) પારાથી નળી ભીંજાતી નથી, એટલે પારાની ઉપલી સપાટી તદ્દન ચોખ્ખી રહે છે. નળીમાંનો પારો બાજુએ વળગી રહેતો ન હોવાથી પારાની સપાટીનાં માપમાં ફેર પડતો નથી. પ્રવાહી નળીની બાજુને ભીંજવે છે એટલે ઉપલી સપાટી સ્પષ્ટ માલૂમ પડતી નથી. (૪) પારો ચકચકિત હોવાથી બારીક નળીમાં પણ ઘણી જ સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકાય છે. (૫) પારો −૩૯° સે થી ૩૦૦° સે. સુધી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રહે છે એટલે મોટા વિસ્તારમાં ટેમ્પરેચરનું માપ આપી શકે છે. આલ્કોહૉલનું થર્મોમિટર ૬૦° સે. થી વધારે ટેમ્પરેચરે નોંધવા કામ આવતું નથી. (૬) પારાનું કદ પ્રસરણ જુદાંજુદાં ટેમ્પરેચરે સરખું જ રહે છે. બીજાં પ્રવાહીમાં વત્તુંઓછું થાય છે. આથી પારાના થર્મોમિટરના માપના આંક દરેક ટેમ્પરેચરે પ્રમાણસર જ રહે છે. (૭) પારાની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા ઓછી હોવાથી

આકૃતિ ૧૪૦.



બીજાં પ્રવાહી કરતાં એ થર્મોમિટર ગરમ વસ્તુમાંથી વધારે ગરમી લઈ લેતું નથી. (૮) થર્મોમિટરના ઉપલા અવકાશવાળા ભાગમાં પ્રવાહીની વરાળ થેાડેઘણે અંશે રહે છે. બીજાં પ્રવાહીના કરતાં પારાની વરાળનું દબાણ ઘણું જ ઓછું હોય છે, એટલે એને લીધે ટેમ્પરેચરના માપમાં ઘણો તફાવત થતો નથી.

૯. ડૉક્ટરનું થર્મોમિટર [*Doctor's (clinical) thermometer*]. શરીરનું ટેમ્પરેચર માપવા માટે થેાડા જ ડીગ્રીના આંકો બસ થાય છે. શરીરનું ટેમ્પરેપર ઘણું ખરું ૯૫ ડીગ્રી ફેરનહીટથી ૧૦૫ ડીગ્રી ફેરનહીટની વચ્ચે જ રહે છે. આથી શરીરના ટેમ્પરેચરનું માપ લેવા વપરાતા ડૉક્ટરના થર્મોમિટરમાં માત્ર એટલા જ આંક હોય છે. એ ઉપરાંત એ થર્મોમિટર એવું હોવું જોઈએ કે જેથી શરીરનું ટેમ્પરેચર એકવાર માપ્યા પછી પાછળથી પણ આંક નોંધી શકાય. સાધારણ પ્રકારનું થર્મોમિટર હોય તો શરીરના ભાગથી તેને દૂર કરીએ કે તરત જ પારો નીચે ઊતરવા માંડે છે

આકૃતિ ૧૪૧.



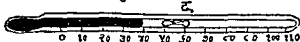
અને શરીરનું ખરું ટેમ્પરેચર નોંધી શકાતું નથી. આ ખામી દૂર કરવા ડૉક્ટરના થર્મોમિટરમાં સહેજ જુદી રચના કરવામાં આવે છે. એના ગોળા (bulb) માં અર્ધે સુધી જ પારો ભરવામાં આવે છે. થર્મોમિટરના ગોળાને (bulb) અને ઉપરની નળીને એક બારીક ખાંચાવાળી નળી વડે જોડવામાં આવે છે. જ્યારે ૯૫ ડીગ્રી ફેરનહિટ જેટલું ટેમ્પરેચર થાય ત્યારે જ એ બારીક ખાંચાવાળી નળીવાટે પારો ઉપરની નળીમાં દાખલ થાય છે. ઉપલી નળીની ઉપર ૯૫° થી લગભગ ૧૧૦° ફે. સુધીના આંક પાડવામાં આવેલા છે. શરીરના

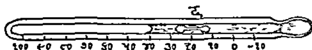
જે ભાગનું ટેમ્પરેચર નોંધવું હોય તેના સ્પર્શમાં થર્મોમિટરનો ગોળો રાખવામાં આવે છે. બે ત્રણ મિનિટ પછી થર્મોમિટર દૂર કરવામાં આવે એટલે તે ઠંડું પડે છે, પરંતુ ખાંચાવાળા ભાગમાંથી પારાની દોરી કપાઈ જાય છે અને ઉપલી નળીમાંનો પારો જ્યાંનો ત્યાં જ રહે છે. એટલે પાછળથી ગમે ત્યારે ટેમ્પરેચર જોવું હોય ત્યારે જોઈ શકાય છે. જ્યારે ફરીથી ટેમ્પરેચર માપવું હોય ત્યારે ઉપલી નળીમાંના પારાની એ દોરીને પ્રથમ નીચેના ગોળા (bulb) માં ઉતારવી પડે છે. આમ કરવા માટે તેને જોરથી ઝાટકવું પડે છે. એટલું ખાસ ધ્યાનમાં રાખવાની જરૂર છે કે એ થર્મોમિટરમાં વધુમાં વધુ ૧૦૫° કે ૧૧૦° ફે. જેટલું ટેમ્પરેચર નોંધી શકાય છે, એટલે થર્મોમિટરને ઊકળતા પાણીમાં અગર વધુ ગરમ પાણીમાં ધોઈએ તો તે તૂટી જવાનો સંભવ રહે છે. ઊકળતા પાણીનું ટેમ્પરેચર ૨૧૨° ફે. છે એટલે તેમાં થર્મોમિટરને મૂકતાં થર્મોમિટરની અંદરના પારાનું કદ એટલું વધી જશે કે તેની અંદર પારો સમાઈ શકશે નહિ અને કાચને તોડી નાંખીને બહાર આવશે. શરીરનું ટેમ્પરેચર ઘણુંખરું ૯૭.૮° અથવા ૯૯.૬૦° ફે. ની વચ્ચે જ હોવું જોઈએ ૧૦૫° ફે. ઉપરનું અથવા ૯૫° ફે. નીચેનું ટેમ્પરેચર પ્રાણઘાતક હોય છે.

૧૦. મહત્તમ અને લઘુતમ થર્મોમિટર (Maximum and Minimum Thermometers). જે પ્રદેશમાં દિવસે ખૂબ ગરમી પડતી હોય અને રાત્રે ખૂબ ઠંડી પડતી હોય ત્યાં વધુમાં વધુ અને ઓછામાં ઓછું ટેમ્પરેચર કેટલું હોય તે જાણવું જરૂરી છે. ખાસ કરીને વેધશાળા (observatory) માં વાયુચક્રશાસ્ત્રી (meteorologist.) ને આખા દિવસમાં થયેલાં સૌથી વધુ અને સૌથી ઓછાં ટેમ્પરેચરનાં માપ રાખવાની જરૂર પડે છે. આ માપ આપો

જ નોંધી શકાય તે માટે સહેજ જુદી રચનાનાં થર્મોમિટર તૈયાર કરવાં પડે છે. મહત્તમ (maximum) ટેમ્પરેચર નોંધવાનું

આકૃતિ ૧૪૨.





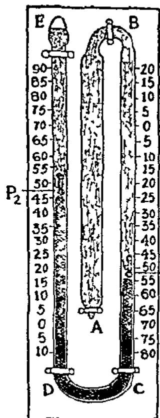


થર્મોમિટર પારાનું જ બનેલું હોય છે માત્ર એના છિદ્રમાં સહેજ ઘર્ષણથી સરી શકે તેવો લોખંડની કમાન જડેલો કાચનો દર્શક (pointer) દ રાખેલો હોય છે (આકૃતિ ૧૪૨). ટેમ્પરેચર વધે છે ત્યારે પારો એ દર્શકને આગળ હડસેલે છે. ટેમ્પરેચર ઓછું થવાથી પારો નીચે ઊતરે છે, ત્યારે નળીની બાજુ સાથેના ઘર્ષણને લીધે એ દર્શક ત્યાં ને ત્યાં જ રહી જાય છે. આથી આખા દિવસમાં સૌથી વધુ ગરમી પડી હોય તે વખતના ટેમ્પરેચરના કાપા સુધી દર્શક આગળ વધશે; પરંતુ તેનાથી ઓછું ટેમ્પરેચર થાય, ત્યારે દર્શક પાછો નીચે આવતો નથી અને જ્યાંનો ત્યાં જ રહે છે. આમ આ થર્મોમિટર આખા દિવસનું મહત્તમ ટેમ્પરેચર બતાવે છે. બીજે દિવસે સવારમાં જ્યારે ટેમ્પરેચર ઓછું હોય, ત્યારે એકાદ લોહચુંબક વડે એ દર્શકને નીચેની પારાની સપાટી સુધી ઉતારી મૂકવામાં આવે છે.

લઘુતમ (minimum) થર્મોમિટરમાં પારાની જગ્યાએ આલ્કોહોલ વાપરવામાં આવે છે (આકૃતિ ૧૪૨). એમાં લોખંડનો દર્શક આલ્કોહોલની સપાટી (પૃષ્ઠ) નીચે ઊતરે છે તેની સાથે

નીચે ઘસડાઈ આવે છે; કારણ કે આલ્કોહોલના પૃષ્ઠબળને લીધે દર્શક ઉપલી સપાટીને ભેદીને ઉપર જઈ શકતો નથી. વળી આલ્કોહોલનું પૃષ્ઠબળ દર્શકને લાગતાં ઘર્ષણથી પણ વધુ હોય છે એટલે દર્શક નીચે ઊતરે છે. જ્યારે ટેમ્પરેચર વધે છે ત્યારે આલ્કોહોલ એ દર્શકની ફરતેથી સરીને ઊંચે ચઢે છે અને દર્શક નળીની સાથેના ઘર્ષણને લઈને જ્યાંનો ત્યાં જ રહે છે. આથી એ દર્શક રાતે ઓછામાં ઓછું ટેમ્પરેચર થાય તે જગ્યાએ આવી રહે છે બીજે દિવસે લોહચુંબક વડે એને પણ પાછો ઊંચે ચઢાવી આલ્કોહોલની ઉપલી સપાટી સુધી લઈ જવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૧૪૩



સિક્ષનુ થર્મોમિટર

સિક્ષ નામના શોધકે આ બે જુદાંજુદા થર્મોમિટરને બદલે એક જ થર્મોમિટરમા લઘુતમ અને મહત્તમ ટેમ્પરેચર મપાય એવી રચના કરી છે એને "સિક્ષનું થર્મોમિટર" કહેવામાં આવે છે. એની રચના આકૃતિ (૧૪૩) મા બતાવી છે. વચ્ચે રાખેલા કાચના એક લાંબા ગોળામાં (bulb) મા A થી P_1 સુધી આલ્કોહોલ ભરેલુ હોય અને નીચેના વાંકા ભાગમા

P_1 થી P_2 સુધી પારો હોય છે. P_2 થી E સુધી પાછો આલ્કોહોલ ભરેલો છે, પરંતુ એ નળી પૂર્ણ ભરેલી હોતી નથી અને ઉપલા ભાગમાં અવકાશ હોય છે. P_1 અને P_2 આગળ ઘર્ષણથી સરતા બે લોખંડના દર્શક રહેલા હોય છે. P_1 ઓછામાં ઓછું (લઘુતમ) અને P_2 વધુમાં વધુ (મહત્તમ) ટેમ્પરેચર બતાવે છે. ઠંડી પડે ત્યારે A B માંનો આલ્કોહોલ સંકોચાય છે થી P_1 આગળની પારાની સપાટી ઊંચે ચઢે છે અને દર્શક P_1 ને પણ સાથે ઊંચે હડસેલે છે. પાછું ટેમ્પરેચર વધે છે ત્યારે P_1 ત્યાં નો ત્યાં જ રહી જાય છે, અને આલ્કોહોલ વિસ્તાર પામે એટલે પારાની સપાટી B C માં P_1 થી નીચે આવે છે અને D E તરફ ઊંચે વધે છે અને તેથી P_2 ઊંચે જાય છે. વળી જ્યારે D E માં પારાની સપાટી નીચે ઊતરે છે ત્યારે P_2 ત્યાં જ રહે છે અને જે વધુમાં વધુ ટેમ્પરેચરે દર્શક પહોંચ્યો હોય તે બતાવે છે. B C નળીમાં ટેમ્પરેચરના ઓછા આંકો ઊંચે હોય છે અને D E નળીમાં ઓછા ટેમ્પરેચરના આંકો નીચે હોય છે. દર્શકની રચના આકૃતિ (૧૪૨) માં બતાવવામાં આવી છે.

૧૧. થર્મોગ્રાફ (Thermograph). ઉપર દર્શાવ્યું છે તેમ લઘુતમ અને મહત્તમ-ટેમ્પરેચર આપોઆપ નોંધી શકાય છે; પરંતુ આખા દિવસમાં ટેમ્પરેચરમાં ઘડીએ ઘડીએ કેવા ફેરફારો થાય તે નોંધી શકાતું નથી. દિવસનાં ટેમ્પરેચરની વધઘટ અનિયમિત રીતે થાય છે, અને વાયુચક્રશાસ્ત્રીને એ સર્વની નોંધ રાખવી પડે છે. એટલા માટે ટેમ્પરેચર આપોઆપ નોંધાય એવા યંત્રની રચના કરવામાં આવી છે. એ યંત્રની સાદી રચના નીચે મુજબ છે.

એક મોટા ગોળ ડબ્બા ઉપર બેરોગ્રાફ (આકૃતિ ૪૯) માં બતાવ્યા મુજબના આલેખ (graph) વાળો કાગળ લગાડવામાં આવે છે. એ કાગળ ઉપર શિરોલંબ દિશામાં ટેમ્પરેચરનાં માપ હોય છે

અને સમસૂત્ર (horizontal) દિશામાં કલાકનાં માપ હોય છે. એ ડબ્બો એક દિવસમાં આખું ચક્ર ફરી રહે છે. એ ડબ્બાને અડકે એમ એક સોય રાખેલી હોય છે. એ સોયનો છેડો શાહીથી ભીંજવેલો હોય છે, તેથી જેમ ડબ્બો ફરે તેમ એના ઉપર ટેમ્પરેચરનો આલેખ (graph) નોંધાય છે. આકૃતિ (૧૩૦) માં બતાવ્યા મુજબની બે જુદીજુદી ધાતુની જોડેલી વાંકી પટી સાથે બેરોગ્રાફની સોયને જડેલી હોય છે. બન્ને ધાતુનો પ્રસરણાંક વત્તોઓછો હોવાથી ટેમ્પરેચરની વધઘટ થતાં પટી વત્તીઓછી વાંકી વળે છે અને તેને લીધે સોય શિરોલંબ દિશામાં (vertical direction) ઊંચેનીચે જાય છે. આ પ્રમાણે કલાકે કલાકે ટેમ્પરેચરમાં થતા ફેરફારો સોય વડે ડબ્બા ઉપર આપોઆપ નોંધી શકાય છે. એક દિવસનું ચક્ર પુરું થતાં એ ડબ્બા ઉપર બીજો કાગળ લગાડવામાં આવે છે.

સાર

૧. એકસરખી ગરમ જુદીજુદી વસ્તુની અંદર રહેલી ઉષ્ણતાના જથ્થાનો આધાર વસ્તુના વજન ઉપર રહે છે. એક જ પદાર્થની નાનીમોટી બે વસ્તુને એક સરખી ઉષ્ણતા આપી ગરમ કરવામાં આવે તો નાની વસ્તુ વધુ ગરમ લાગશે અને મોટી વસ્તુ ઓછી ગરમ લાગશે. ઠંડાપણા અથવા ગરમપણાની અવસ્થાનાં માપને ટેમ્પરેચર કહેવામાં આવે છે. હવાનું થર્મોમિટર બનાવી ટેમ્પરેચરનું માપ પહેલવહેલું ગેલિલિયોએ કાઢ્યું હતું.

૨. હાલમાં ટેમ્પરેચરનું માપ મોટે ભાગે પારાના થર્મોમિટર વડે જ કાઢવામાં આવે છે. એક બારીક એકસરખાં છેદવાળી નળીનો એક છેડો બંધ કરીને ફૂલવવામાં આવે છે. એ નળીમાંની હવાને ગરમ કરી દૂર કરવામાં આવે છે અને તેની જગ્યાએ પારાને દાખલ કરવામાં આવે છે. નળી પૂર્ણ ભરાય પછી તેને ૧૦૦° સે. થી વધુ તપાવીને ઉપલો ખુલ્લો છેડો

બંધ કરવામાં આવે છે. એ નળી ઉપર ટેમ્પરેચરના આંક પાડવામાં આવે છે. પીગળતાં બરફના ભૂકામાં આ થર્મોમિટરનો ગોળો રાખી પારાની સપાટી નીચે ઉતારી જે જગાએ સ્થિર રહે છે તેને શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ કહેવામાં આવે છે. આ ટેમ્પરેચર (0° સે.) ને ગલનબિંદુ (melting point) કહેવામાં આવે છે. સામાન્ય હવાના દબાણમાં (૭૬ સેમિ. દબાણમાં) પાણીને ઊકળવા દઈ તેની વરાળમાં થર્મોમિટરને રાખવામાં આવે, ત્યારે તેની સપાટી ઊંચે ચઢી બીજી જગ્યાએ સ્થિર થાય છે. આ જગ્યાએ ૧૦૦° સેંટીગ્રેડનો આંક પાડવામાં આવે છે. આ ટેમ્પરેચરને ઉત્કલન બિંદુ (boiling point) કહેવામાં આવે છે. થર્મોમિટરનાં આ બે નિયત બિંદુઓ કહેવાય છે.

૩. થર્મોમિટર ઉપર ત્રણ પ્રકારનાં માપ હોય છે. સેંટીગ્રેડ, ફેરનહિટ અને ર્યુમર. એ ત્રણ માપો નીચે મુજબ છે.

	સેંટીગ્રેડ	ફેરનહિટ	ર્યુમર
ગલનબિંદુ	0°	૩૨°	0°
ઉત્કલનબિંદુ	૧૦૦°	૨૧૨°	૮૦°

જો એક ટેમ્પરેચરના માપ સ° સેંટીગ્રેડ, ફ° ફેરનહિટ અને ર° ર્યુમર હોય તો તેમનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે હોય છે.

$$\frac{\text{સ}}{૧૦૦} = \frac{\text{ફ} - ૩૨}{૧૮૦} = \frac{\text{ર}}{૮૦}$$

૪. શરીરની ગરમી માપવા ડૉક્ટરનું (clinical) થર્મોમિટર વપરાય છે. એના ઉપર ૯૫° ફે. થી ૧૧૦° ફે. સુધીના આંક હોય છે. આ થર્મોમિટરને ગરમી લાગવાથી પારો ઊંચે ચઢે તે આપમેળે પાછો નીચે ઊતરી આવતો નથી, કારણ કે નળીની વચ્ચે બારીક ખાંચો રાખેલો હોય છે. પારાની દોરીને નીચે ઉતારવી હોય તો તેને ઝાટકવું પડે છે. વધુ ગરમ પાણીથી એને ધોવામાં આવે તો અંદરનો પારો વધુ પડતો વિસ્તાર પામતાં તે તૂટી જાય છે.

૫. આખા દિવસમાં થયેલા વધુમાં વધુ અને ઓછામાં ઓછાં ટેમ્પરેચરનું આપમેળે માપ લેવા મહત્તમ અને લઘુતમ થર્મોમિટર બનાવવામાં આવે

છે. એમાં ઘર્ષણથી સરે તેવો દર્શક હોય છે. મહત્તમ થર્મોમિટરમાં પારાની ઉપલી સપાટી વડે એ દર્શક ઊંચે જઈ ત્યાં જ રહે છે અને વધુમાં વધુ ટેમ્પરેચર બતાવે છે. લઘુતમ થર્મોમિટરમાં આલ્કોહોલ હોય છે અને તેની સપાટીના પૃષ્ઠબળને લીધે ટેમ્પરેચર ઓછું થાય ત્યારે દર્શક નીચે ઊતરે અને ઓછામાં ઓછાં ટેમ્પરેચરનું માપ બતાવે છે. દર્શકમાં લોખંડની કમાન હોય છે, એટલે લોહચુંબક વડે તેને ઊંચે નીચે ખસેડી શકાય છે. થર્મોગ્રાફ વડે આખા દિવસનાં ટેમ્પરેચરમાં થતા ફેરફારોની આપમેળે નોંધ થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) ઉષ્ણતા અને ટેમ્પરેચર (ઉષ્ણતામાન) વચ્ચે શો ભેદ છે ?

(૨) ટેમ્પરેચરના જુદીજુદી જાતનાં માપો વચ્ચે કેવો સંબંધ છે ? શરીરનું ટેમ્પરેચર ૯૮·૫° છે એમ કહેવામાં આવે તો એ ફેરનહિટ કે સેંટીગ્રેડનું માપ છે ? ત્રણે પ્રકારે એનું માપ બતાવો.

(૩) ડૉક્ટરના થર્મોમિટરમાં ખાસ વિશિષ્ટતા શું છે ?

(૪) ડૉક્ટરના થર્મોમિટરને ઊકળતાં પાણીથી કેમ ન ધોવું જોઈએ ?

(૫) થર્મોમિટર કેમ તૈયાર કરી શકાય ? એમાં પારો જ શાથી વપરાય છે ?

(૬) થર્મોમિટર ઉપર નિયત બિંદુઓ કેવી રીતે નોંધવામાં આવે છે ?

(૭) લઘુતમ અને મહત્તમ થર્મોમિટરનું ટૂંક વર્ણન આપો. થર્મોગ્રાફ (thermograph) ની રચના સમજાવો.

પ્રકરણ ૧૫

ઉષ્ણતાધારક શક્તિ

૧. ઉષ્ણતાધારક શક્તિ (Capacity for Heat). નળમાંથી એકસરખી ધારથી પાણી નીકળતું હોય અને તેની ન એક નાની અને બીજી મોટી બાલદી વારાફરતી મૂકીએ તો મા પડશે કે નાની અને સાંકડી બાલદીમાં પાણીની સપાટી જ ઊંચે આવે છે; કારણ કે નાની બાલદીની ધારણશક્તિ (capacit ઓછી છે. એ જ પ્રમાણે જુદીજુદી વસ્તુની ઉષ્ણતાની ધાર શક્તિ પણ વત્તીઓછી હોય છે અને તેથી એકસરખાં વજન જુદાજુદા પદાર્થને એકસરખી ગરમી આપીએ તોપણ તે એ સરખા ગરમ થતા નથી. દાખલા તરીકે, ૧ રતલ પાણી અ ૧ રતલ લોખંડ લઈને બન્નેને એક દીવા ઉપર એકસરખો વ સરખી રીતે ગરમ કરીએ તો માલૂમ પડશે કે લોખંડ વધુ ગ થાય છે અને પાણી ઓછું ગરમ થાય છે. આથી પાણીને અ લોખંડને સરખાં ગરમ કરવાં હોય તો પાણીને વધારે વાર તપા પડશે એટલે કે વધુ ઉષ્ણતા આપવી પડશે. એવું માલૂમ પડ્યું કે પાણીને ગરમ કરવા માટે તેટલાં જ વજનની કોઈ પણ બી વસ્તુ કરતાં વિશેષ ગરમી જોઈએ છે. ગરમીના દિવસોમાં એ નદીમાંથી પસાર થઈએ તો માલૂમ પડે છે કે પાણી કરતાં રે વિશેષ ગરમ થઈ જાય છે, કારણ કે રેતીના જેટલું ગરમ થ પાણીને ઘણી વધારે ઉષ્ણતાની જરૂર પડે છે.

એક વસ્તુનાં ટેમ્પરેચરમાં એક ડીગ્રી જેટલો વધારો કર જે જરૂરી ઉષ્ણતા પડે તેને તે વસ્તુની ઉષ્ણતાધારક શક્તિ કે વામાં આવે છે. (જુદીજુદી વસ્તુની ઉષ્ણતાધારક શક્તિ જુદી હોય છે

પ્રયેાગ (૧): એક કાચના પ્યાલામાં ૧૦૦ ગ્રામ ઠંડું પાણી લેા. તેમાં થર્મોમિટર મૂકી તેનું ટેમ્પરેચર નેાંધેા. હવે બીજા કાચના જામમાં ૧૦૦ ગ્રામ પાણી લઈને ઉકાળેા. વરાળ થઈ ઘણું પાણી ઊડી ન જાય તેની કાળજી રાખેા, અને જેવું પાણી ઊકળવા માંડે એટલે તરત તેને ઠંડા પાણીના પ્યાલામાં રેડી દેા. પાણીને ભેળક (stirrer) વડે હલાવી ટેમ્પરેચર નેાંધી લેા. ઠંડા પાણીનાં ટેમ્પરેચરમાં થયેલેા વધારેા શેાધી કાઢેા. ગરમ પાણીનાં ટેમ્પરેચરમાં જેટલેા ઘટાડેા થાય છે તેટલેા જ વધારેા ઠંડા પાણીનાં ટેમ્પરેચરમાં થાય છે.

(૨): ફરીથી એક કાચના પ્યાલામાં ૧૦૦ ગ્રામ ઠંડું પાણી લેા અને તેનું ટેમ્પરેચર નેાંધેા. હવે એક સેા ગ્રામના લેાખંડના ટુકડાને ઊકળતા પાણીની વરાળમાં લાંબેા વખત ગરમ કરેા. એ ગરમ ટુકડાને ઝટ ઠંડા પાણીમાં નાંખી પાણીને ભેળક વડે હલાવી પાણીનું ટેમ્પરેચર ફરીથી નેાંધેા. ઠંડાં પાણીનાં ટેમ્પરેચરમાં થયેલેા વધારેા શેાધી કાઢેા. આ વખતે ઠંડાં પાણીનાં ટેમ્પરેચરમાં પહેલા પ્રયેાગના જેટલેા વધારેા થતેા નથી.

૧૦૦ ગ્રામ ઊકળતું પાણી અને તેટલું જ ગરમ ૧૦૦ ગ્રામ લેાખંડ એ બન્નેમાં કયી વસ્તુમાં વિશેષ ઉષ્ણતા રહેલી છે તે તારવી કાઢેા.

ઉપરના પહેલા પ્રયેાગમાં ઠંડાં પાણીનાં ટેમ્પરેચરમાં બીજા પ્રયેાગના કરતાં વધુ વધારેા થાય છે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે ૧૦૦ ગ્રામ ઊકળતું પાણી અને તેટલું જ ગરમ ૧૦૦ ગ્રામ લેાખંડ લઈએ તેા પાણીમાં લેાખંડના કરતાં વધુ ઉષ્ણતા રહેલી છે. ઉપરના પ્રયેાગમાં લેાખંડને બદલે બીજી વસ્તુએા લઈએ તેા તે સર્વમાં પાણીની સરખામણીમાં કેટલી ઉષ્ણતા રહેલી છે તેનું માપ નીકળી શકે છે.

૨. ઉષ્ણતાના એકમેા (Units of Heat). એ પ્રમાણે સરખામણી કરવા કરતાં એક ગ્રામ અથવા એક રતલ પાણીને અને તેટલાં જ વજનની જુદીજુદી વસ્તુને લઈને સરખામણી કરીશું તેા વધુ સરળતા થશે. એટલા માટે ૧ ગ્રામ પાણીનાં ટેમ્પરેચરને

૧ ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ વધારવા જે ગરમી આપવી પડે તેને ઉષ્ણુતાના એકમ (unit) તરીકે લેખવામાં આવે છે અને એ એકમને કેલોરી (calorie) કહેવામાં આવે છે.

ઉષ્ણુતાના એકમની વ્યાખ્યા:—

એક કેલોરી ઉષ્ણુતા એટલે એક ગ્રામ પાણીનું એક ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ ટેમ્પરેચર વધારવા જોઈતી ગરમી. બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં એક રતલ પાણીનું ટેમ્પરેચર એક ડીગ્રી ફેરનહિટ વધારવા જે ગરમી જોઈએ તેને એકમ (unit) ઉષ્ણુતા ગણુવામાં આવે છે અને તે એકમને એક બ્રિટીશ થર્મલ યુનિટ (British thermal unit) કહેવાય છે. (ટુંકમાં, એને B. T. U. કહેવામાં આવે છે.)

પાણીને માટે જોઈતી ગરમી ઉપરથી ઉષ્ણુતાનો એકમ નક્કી કરવામાં આવ્યો છે. એટલે એના પ્રમાણુમાં બીજી દરેક વસ્તુને જે ઉષ્ણુતા આપવી પડે છે તેને તે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા (specific heat) કહેવામાં આવે છે.

વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતાની વ્યાખ્યા:—

એક ગ્રામ વસ્તુનું એક ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ ટેમ્પરેચર વધારવા જે ગરમી જોઈએ તેને તે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા (specific heat) કહેવામાં આવે છે.

વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા (વિ. ઉ.) જાણુવામાં આવે તો અમુક ટેમ્પરેચર વધારવાથી એક વસ્તુમાં કેટલી ઉષ્ણુતા વધી છે તે જાણી શકાય છે.

ધારો કે વસ્તુનું વજન व છે, તેની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા स છે, અને એ વસ્તુનું ટેમ્પરેચર ट° સેંટીગ્રેડ વધ્યું છે.

એક ડીગ્રી ટેમ્પરેચર વધારવા જોઈતી ઉષ્ણુતા = (व × स) કેલોરી.

ट° સે ટેમ્પરેચર વધારવા જોઈતી ઉષ્ણુતા = (व × स × ट) કેલોરી.

જો એક તાંબાના ટુકડાનું વજન व = ૧૦૦ ગ્રામ,
વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા स = ૦·૧,
ટેમ્પરેચરનો વધારો ट = ૧ સે. હોય તો,
આપેલી કુલ ઉષ્ણતા = ૧૦૦ × ૦·૧ × ૧ = ૧૦ કેલોરી

આટલી ઉષ્ણતાને વસ્તુની ઉષ્ણતાધારક શક્તિ (capacity for heat) કહેવામાં આવે છે. આ ઉપરથી લાગે છે કે ઉષ્ણતાધારક શક્તિનો આધાર વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા, વજન અને ટેમ્પરેચરના વધારા ઉપર રહે છે. નીચે કેટલીક વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા જણાવવામાં આવી છે. (પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા '૧' લેવામાં આવી છે; કારણ કે આપણે તેને એકમ તરીકે લીધી છે.)

કેટલીક વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા

પાણી	૧·૦૦૦	સીસું	૦·૦૩૧
ગ્લિસરિન	૦·૬૦૦	પિત્તળ	૦·૦૯૪
પારો	૦·૦૩૩	ઍલ્યુમિનિયમ	૦·૨૧૮
લોખંડ	૦·૧૧૩	તાંબુ	૦·૦૯૫
બરફ	૦·૫૦૦	સોનું	૦·૦૩૧

૩. વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા અને ઉષ્ણતાનું માપ (**Specific Heat and Measurement of Heat**). એક વસ્તુને કેટલી ગરમી આપવામાં આવી છે તેનું માપ કાઢવું હોય તો તે વસ્તુનું વજન, તેના ટેમ્પરેચરમાં થતો વધારો, અને વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા એટલી વસ્તુઓ જાણવી જરૂરની છે. ત્રાજવા વડે વજન કાઢી શકાય છે અને થર્મોમિટર વડે ટેમ્પરેચર માપી શકાય છે એટલે માત્ર વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા જ માપવાની રહે છે. ઉપરના કોષ્ટકમાં દર્શાવેલી ઘણીખરી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા નિયત કરેલી હોય છે. એ દરેક વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતાનું માપ નીચે બતાવ્યા પ્રમાણે કાઢી શકાય છે.

પ્રયોગ (૧) : એક કાચના પ્યાલાનું વજન કરો m_1 (વ૧). તેમાં થોડું પાણી રેડી તેનું ફરીથી વજન કરો m_2 (વ૨). ઠંડા પાણીનું ટેમ્પરેચર માપો t_1 (ટ૧). બીજા પ્યાલામાં પાણીને ગરમ કરો અને ગરમ પાણીનું ટેમ્પરેચર નોંધો t_2 (ટ૨). હવે થોડાં ગરમ પાણીને ઠંડા પણીમાં રેડી ભેળક (stirrer) વડે હલાવો અને પાણીનાં મિશ્રણનું ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો t_3 (ટ૩). કાચના પ્યાલાનું ફરીથી વજન કરો m_3 (વ૩).

ઠંડાં પાણીનું વજન = વ૨ − વ૧ = $m_2 - m_1$
ગરમ પાણીનું વજન = વ૩ − વ૨ = $m_3 - m_2$
ઠંડાં પાણીના ટેમ્પરેચરનો વધારો = ટ૩ − ટ૧ = $t_3 - t_1$
ગરમ પાણીના ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો = ટ૨ − ટ૩ = $t_2 - t_3$
પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા = ૧ કૅલૉરી
ઠંડાં પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણતા = પાણીનું વજન × ટેમ્પરેચરનો વધારો × પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા
= (વ૨ − વ૧) × (ટ૩ − ટ૧) × ૧ કૅલૉરી
= $(m_2 - m_1) \times (t_3 - t_1) \times 1$ કૅલૉરી
ગરમ પાણીએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતા = (વ૩ − વ૨) × (ટ૨ − ટ૩) × ૧ કૅલૉરી
= $(m_3 - m_2) \times (t_2 - t_3) \times 1$ કૅલૉરી

ઠંડાં પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણતા અને ગરમ પાણીએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતાં સરખી થશે.

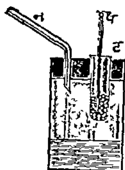
[નોંધ:—કાચનું પ્યાલું પણ થોડી ઉષ્ણતા ગ્રહણ કરી લે છે, પરંતુ તેની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા બહુ ઓછી હોવાથી એ ઉષ્ણતા બહુ નજીવી હોય છે. વળી કાચ મંદ ઉષ્ણતાવાહક હોય છે તેથી પ્યાલામાંની ઉષ્ણતા બહાર ચાલી જતી નથી.]

ઉપરના પ્રયોગથી માલૂમ પડશે કે એક ગરમ અને બીજી ઠંડી વસ્તુને ભેળીએ તો તે બન્ને ગરમીની અરસપરસ આપલે કરે છે અને તેમનું ટેમ્પરેચર સરખું થઈ જાય છે. વળી ઠંડી વસ્તુ

જેટલી ઉષ્ણતા મેળવે છે તેટલી જ ઉષ્ણતા ગરમ વસ્તુ ગુમાવે છે. ટૂંકમાં, ઉષ્ણતાનો વિનિમય (exchange) થાય છે અને હંમેશાં જેટલી ઉષ્ણતા એક વસ્તુ ગુમાવે છે તેટલી ઉષ્ણતા તેની સાથે ભળતી બીજી ઠંડી વસ્તુ ગ્રહણ કરે છે અને તેમનાં ટેમ્પરેચર એક થઈ જાય છે.

પ્રયોગ (૨): એક કાચના પ્યાલાનું વજન કરો m_1 (વ૧). તેમાં થોડું પાણી લઈ ફરીથી વજન કરો m_2 (વ૨). ઠંડાં પાણીનું ટેમ્પરેચર નોંધો t_1 (ટ૧). થોડા લોખંડના ટુકડા લઈ તેનું વજન કરો m_3 (વ૩). એ ટુકડાને એક ધાતુની નળી (ટ) માં નાંખો અને નળીને એક ધાતુના પ્યાલામાં આકૃતિ (૧૪૪) માં બતાવ્યા મુજબ રાખો. નળીમાં એક થર્મોમિટર (થ) મૂકો. નળીનું મોં ૨ વડે બંધ કરો. પ્યાલાનું મોં બૂચ વડે બંધ કરેલું છે અને તેમાં એક નળી (ન) રાખેલી છે. પ્યાલામાં થોડું પાણી રેડી ઉકાળો. વરાળ (ન) નળીવાટે બહાર જશે. જ્યારે લોખંડના ટુકડાનું ટેમ્પરેચર સ્થિર રહે, ત્યારે તેની નોંધ કરો t_2 (ટ૨). હવે નળીને ઝડપથી કાઢી લઈ તેમાંના લોખંડના ટુકડાને તોલેલાં ઠંડાં પાણીમાં નાંખો. પાણીને કાચના સળિયા (ભેળક) વડે હલાવો અને તેનું ટેમ્પરેચર ઝટ નોંધી લો t_3 (ટ૩). ધારો કે લોખંડની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા s (સ) છે. (પ્રયોગ ૧ માં સમજાવ્યા મુજબ કાચના પ્યાલાએ લઈ લીધેલી ઉષ્ણતા નજીવી જ છે.)

આકૃતિ ૧૪૪.



ઠંડાં પાણીનું વજન = વ૨ − વ૧ = $m_2 - m_1$

ઠંડાં પાણીનાં ટેમ્પરેચરમાં વધારો = ટ૩ − ટ૧ = $t_3 - t_1$

લોખંડના ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો = ટ૨ − ટ૩ = $t_2 - t_3$

ઠંડાં પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણતા = પાણીનું વજન × ટેમ્પરેચરનો વધારો × ૧

$= (વ_2 - વ_1) \times (ટ_3 - ટ_1) \times ૧$
$= (m_2 - m_1) \times (t_3 - t_1) \times 1$

લોખંડના ટુકડાએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતા = લોખંડનું વજન × વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા × ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો

$= વ_3 \times સ \times (ટ_2 - ટ_3)$
$= m_3 \times s \times (t_2 - t_3)$

પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણતા = લોખંડે ગુમાવેલી ઉષ્ણતા

એટલે, $(m_2 - m_1) \times (t_3 - t_1) = m_3 \times s \times (t_2 - t_3)$
$(વ_2 - વ_1) \times (ટ_3 - ટ_1) = વ_3 \times સ \times (ટ_2 - ટ_3)$

$$સ = \frac{(વ_2 - વ_1) \times (ટ_3 - ટ_1)}{વ_3 \times (ટ_2 - ટ_3)}, \quad s = \frac{(m_2 - m_1) \times (t_3 - t_1)}{m_3 \times (t_2 - t_3)}$$

= લોખંડની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા.

એ જ પ્રમાણે બીજી ધાતુના ટુકડા લઈ તેની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા શોધી કાઢો.

ધારો કે ઉપલા દાખલામાં

લોખંડના ટુકડાનું વજન m_3 = ૧૦૦ ગ્રામ
પાણીનું વજન $(m_2 - m_1)$ = ૫૦ ગ્રામ
ઠંડાં પાણીનું ટેમ્પરેચર t_1 = ૩૦° સે.
ગરમ લોખંડના ટુકડાનું ટેમ્પરેચર t_2 = ૧૦૦° સે.
બન્નેને ભેળતાં મળેલું છેવટનું ટેમ્પરેચર t_3 = ૪૨° સે.
વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા = સ = s

તો, લોખંડે ગુમાવેલી ઉષ્ણતા = વજન × વિ ઉ. × ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો
= ૧૦૦ × સ × (૧૦૦ − ૪૨)

પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણતા = વજન × વિ. ઉ. × ટે. નો વધારો
= ૫૦ × ૧ × (૪૨ − ૩૦)

બન્ને ઉષ્ણતા સરખી છે એટલે,
૧૦૦ × સ × (૧૦૦ − ૪૨) = ૫૦ × (૪૨ − ૩૦)
સ (s) = ૦·૧ કૅલોરી (આશરે).

ઉપરના પ્રયોગની રીતને મિશ્રણની રીત (method of mixture) કહેવામાં આવે છે. ઉષ્ણતાના જથ્થામાં ફેરફાર થાય તે, વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા અને ગુપ્ત ઉષ્ણતા શોધવા માટે આ રીત ઉપયોગમાં લેવાય છે. એમાં ઠંડી વસ્તુ અને ગરમ વસ્તુને ભેળીને ઠંડી વસ્તુએ મેળવેલી ઉષ્ણતાને ગરમ વસ્તુએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતા સાથે સરખાવવામાં આવે છે અને તેમાં જે અજ્ઞાત રાશી હોય તેને શોધી કાઢવામાં આવે છે.

૪. પીગળતું બરફ અને ઊકળતું પાણી (**Melting Ice and Boiling Water**). પ્રયોગ (૧):—એક કાચની બરણીમાં ચોખ્ખા બરફનો ભૂકો નાંખો તેમાં થર્મોમિટર મૂકી ટેમ્પરેચર નોધો. બરણીને નીચેથી સ્પીરિટ બર્નર વડે તપાવો. બરફનું પાણી થવા લાગે છે, પરંતુ ટેમ્પરેચર શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ જેટલું જ રહે છે. બધા બરફનુ પાણી થઈ રહ્યા પછી જ ટેમ્પરેચર વધતું માલૂમ પડે છે અને તે પાણી ઊકળે ત્યાં સુધી ટેમ્પરેચર વધે છે. પાણી ઊકળવા લાગે એટલે વળી ટેમ્પરેચર વધતુ અટકે છે અને લગભગ ૧૦૦ ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ ટેમ્પરેચરે સ્થિર રહે છે. બધાં પાણીની વરાળ થઈ જાય તોપણ ટેમ્પરેચર તેનું તે જ રહે છે. બરફ પીગળે તે દરમિયાન અને પાણીની વરાળ થાય તે દરમિયાન આપેલી ગરમીનું શું થાય છે?

ઉપરના પ્રયોગમાંથી સહેજે સમજાય છે કે ચોખ્ખું બરફ પીગળે ત્યારે બરફનું પાણી કરવામાં જ ઘણી ગરમી ગુપ્ત રીતે વપરાઈ જાય છે અને તેના ટેમ્પરેચરમાં બિલકુલ વધારો થતો નથી. ચોખ્ખું પાણી ઊકળે છે અને તેની વરાળ બને છે, ત્યારે પણ પુષ્કળ ગરમી આપવી પડે છે; અને તે વખતે પણ પાણીનું ટેમ્પરેચર વધતું નથી (હવામાનનું દબાણ તે જ રહે તો). પાણીનું વરાળમાં રૂપાંતર કરવામાં આમ પુષ્કળ ગરમી ગુપ્ત રીતે વપરાઈ જાય છે. લગભગ બધી જ વસ્તુઓ જે વખતે ઘનમાંથી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રૂપાંતર થાય તે વેળા અને પ્રવાહીમાંથી વાયુરૂપમાં

રૂપાંતર થાય તે વેળા જે ગરમી જોઈએ તે થર્મોમિટર વડે નોંધી શકાતી નથી; કારણ કે તે વેળા ટેમ્પરેચરના ફેરફાર થતા નથી અને ગરમી ગુપ્ત રીતે વપરાય છે. એવી રીતે વસ્તુનાં સ્વરૂપમાં ફેરફાર કરવામાં વપરાતી ગરમીને ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat) કહેવામાં આવે છે. આથી ઊલટું ધારો કે વરાળને ઠંડી પાડી તેનું પાણી બનાવીએ તો તેમાંથી પુષ્કળ ગુપ્ત ઊષ્ણતા બહાર પડશે. પાણીને ઠંડું કરી તેનું બરફ બનાવીએ તોપણ તેમાંથી ઘણી ગરમી બહાર પડે છે. જે વખતે આ ગુપ્ત ગરમી આપવામાં આવે છે અથવા બહાર પડે છે, તે વેળા ટેમ્પરેચર એકસરખું જ રહે છે.

એક જ ટેમ્પરેચરે એક ગ્રામ વસ્તુને ઘનમાંથી પ્રવાહીરૂપમાં લાવવા અથવા એક ગ્રામ વસ્તુને પ્રવાહીમાંથી વાયુરૂપમાં લાવવા સારુ જે ઉષ્ણતા જોઈએ તેને વસ્તુની ગુપ્ત ઉષ્ણતા કહેવામાં આવે છે.

Heat required by one gram of a substance to change its state from solid to liquid or from liquid to gas without change of temperature is called latent heat.

૫. ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા અને બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા (Latent Heat of Fusion and Latent Heat of Vaporisation). ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે 'ગુપ્ત ઉષ્ણતા' એ પ્રકારે વપરાય છે. ઘનમાંથી પ્રવાહી રૂપમાં લઈ જવા જે 'ગુપ્ત ગરમી' જોઈએ એને 'ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા, latent heat of fusion' અથવા પીગળાવવા માટે જોઈતી ગરમી, અને પ્રવાહીને વાયુમાં ફેરવવા 'ગુપ્ત ગરમી' વપરાય તેને 'બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા, latent heat of vaporisation' કહેવામાં આવે છે.

એક જ ટેમ્પરેચરે (૦°સે.) એક ગ્રામ બરફનું પાણી બનાવવા જે ગરમી આપવી પડે અથવા એક ગ્રામ પાણીનું

બરફ બનાવવા જે ગરમી દૂર કરવી પડે તેને બરફની ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા કહેવામાં આવે છે.

એક જ ટેમ્પરેચરે (૧૦૦°સે.) એક ગ્રામ ઊકળતાં પાણીની વરાળ બનાવવાને જે ગરમી આપવી પડે અથવા એક ગ્રામ વરાળનું પાણી બનાવવામાં જે ગરમી દૂર કરવી પડે તેને પાણીની બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા કહેવામાં આવે છે.

. એક ગ્રામ બરફનું 0° સે. ટેમ્પરેચરે સંપૂર્ણ પાણી બનાવવામાં આવે છે, ત્યારે એને ૮૦ કેલોરી ઉષ્ણતા આપવી પડે છે. એટલે બરફની 'ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat of fusion)' ૮૦ કેલોરી છે. એક ગ્રામ પાણીને ઉત્કલનબિંદુ આગળ (૧૦૦°સે.) વરાળ બનાવવા ૫૪૦ કેલોરી ઉષ્ણતા જોઈએ છે; એટલે પાણીની 'બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat of vaporisation)' ૫૪૦ કેલોરી છે.

એક ગ્રામ બરફને ગરમ કરી પ્રવાહી બનાવીએ અને તે પાણીને ઉકાળીને વરાળ બનાવીએ તો તેને માટે કુલ ઉષ્ણતા નીચે મુજબની જોઈશે.

0° સે. ટેમ્પરેચરે ૧ ગ્રામ બરફનું સપૂર્ણ પાણી બનાવવા માટે જોઈતી ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા	= ૮૦ કેલોરી
0° સે થી ૧૦૦° સે. સુધી ૧ ગ્રામ પાણીને ગરમ કરવા માટે જોઈતી ઉષ્ણતા	= ૧૦૦ કેલોરી
૧૦૦° સે. ટેમ્પરેચરે ૧ ગ્રામ પાણીની વરાળ બનાવવા જોઈતી બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા	= ૫૪૦ કેલોરી

એટલે,

૧ ગ્રામ બરફને 0° સે. થી ગરમ કરી ૧૦૦° સે. ટેમ્પરેચરે વરાળ બનાવવા જોઈતી કુલ ઉષ્ણતા	= ૭૨૦ કેલોરી

૬. ગુપ્ત ઉષ્ણતા કેવી રીતે વપરાય છે ? આપણે જોયું છે કે બરફનું શૂન્ય સેંટીગ્રેડ પાણી બનાવીએ તો તેને ગુપ્ત ઉષ્ણતા

આપવી પડે છે; જ્યારે પાણીનું શૂન્ય ડીગ્રીએ બરફ બનાવીએ તો તેમાંથી ગુપ્ત ઉષ્ણતા કાઢી લેવી પડે છે. આ ઉપરથી એમ સમજાય છે કે ગુપ્ત ઉષ્ણતા બરફના અથવા પાણીના અણુની અવસ્થાના ફેરફાર કરવામાં વપરાય છે. વસ્તુનાં ત્રણ સ્વરૂપમાં (ઘન, પ્રવાહી અને વાયુમાં) ઘન વસ્તુના અણુ એકમેક સાથે ઘણા બળથી આકર્ષાયેલા રહે છે. તેને ઉષ્ણતા આપી પ્રવાહી બનાવીએ એટલે તેના અણુને અરસપરસ આકર્ષણબળથી મુક્ત કરીએ છીએ, અને તેથી જ પ્રવાહીના અણુ સહેલાઇથી એક-બીજાથી છૂટા પાડી શકાય છે. વાયુના અણુ પ્રવાહીથી પણ વધુ મુક્ત હોય છે. આવી રીતે પ્રવાહીના અણુને વાયુરૂપ અણુમાં ફેરવવા માટે પ્રમાણમાં વધુ ગુપ્ત ઉષ્ણતાની જરૂર પડે છે. આમ ગુપ્ત ઉષ્ણતા અણુને અરસપરસનાં આકર્ષણ બળમાંથી મુક્ત કરી છૂટા પાડવામાં વપરાય છે. એથી ઊલટું જો અણુને નજીક લાવી વાયુમાંથી પ્રવાહી અગર પ્રવાહીમાંથી ઘન રૂપમાં લાવીએ તો તે અણુ થોડી ઉષ્ણતાને બહાર પાડશે; એટલે ઘન વસ્તુ કરતાં પ્રવાહીનાં અણુમાં અને પ્રવાહીના અણુ કરતાં વાયુના અણુમાં વિશેષ શક્તિ હોય છે.

ઘણી જ ઠંડીના દિવસમાં જો તળાવના પાણીનું બરફ થવા માંડે તો પાણીમાંથી પુષ્કળ ગુપ્ત ઉષ્ણતા બહાર પડે છે. આથી તળાવ ઉપરની હવા એકંદરે વધુ ગરમ રહે છે. હિમ પડતું હોય ત્યારે ખેતરોમાં પાણી ભરેલાં હોય તો તેને ઘણુંખરું હિમ લાગતું નથી; કારણ કે પાણીનું બરફ થતાં પાણીમાંથી જે ઉષ્ણતા બહાર પડે છે તેનાથી વનસ્પતિને અને હવામાનને પુરતી ગરમી મળી રહે છે.

૭. ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા નિયત કરવાનો પ્રયોગ. પ્રયોગ (૧):—એક કાચના પ્યાલાનું તોલ કરો m_1 (મ૧). તેમાં થોડું ઠંડું પાણી

નાંખી તેનું વજન કરો m_2 ($व_2$). ઠંડા પાણીનું ટેમ્પરેચર નોંધો t_1 ($ट_1$). હવે એ પાણીમાં એક મોટો બરફનો ટુકડો લઈને તેને એક બ્લોટિંગ વડે સૂકો બનાવી નાંખો. પાણીને કાચના મેળક વડે હલાવો. બરફ ઓગળી રહે કે તરત જ પ્યાલામાંના મિશ્ર પાણીનું ટેમ્પરેચર કેટલું થયું તેની પાછી નોંધ કરો t_2 ($ट_2$). ફરીથી કાચના પ્યાલાનું વજન કરો m_3 ($व_3$). ધારો કે બરફની ગલન ઉષ્ણતા L (ल) છે.

પાણીનું વજન = $(व_2 - व_1) = (m_2 - m_1)$

પાણીના ટેમ્પરેચરમાં ઘટાડો = $(ट_1 - ट_2) = (t_1 - t_2)$

બરફનું વજન = $(व_3 - व_2) = (m_3 - m_2)$

બરફનાં પાણીનાં ટેમ્પરેચરમાં વધારો = $(ट_2 - 0) = (t_2 - 0)$

કુલ ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા = $ल \times (व_3 - व_2) = L(m_3 - m_2)$

પાણીએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતા = પાણીનું વજન × ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો × વિ. ઉ.

$$= (व_2 - व_1) \times (ट_1 - ट_2) \times १$$
$$= (m_2 - m_1) \times (t_1 - t_2) \times 1$$

$$\left.\begin{matrix}\text{બરફે મેળવેલી}\\ \text{ઉષ્ણતા}\end{matrix}\right\} = \begin{pmatrix}\text{ગલન}\\ \text{ઉષ્ણતા}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{બરફના}\\ \text{પાણીનું વજન}\end{pmatrix} \times \begin{matrix}\text{ટેમ્પરેચરનો}\\ \text{વધારો}\end{matrix} \times \text{વિ. ઉ}$$
$$= ल \times (व_3 - व_2) + (व_3 - व_2) \times (ट_2) \times १$$
$$= L \times (m_3 - m_2) + (m_3 - m_2) \times (t_2) \times 1$$

(નોંધ:—બરફ બે રીતે ઉષ્ણતા મેળવે છે. જ્યારે 0° સે ટેમ્પરેચરે બરફનું પાણી થાય ત્યારે ગલન ઉષ્ણતા મેળવે છે. બધું બરફ ઓગળી રહે એટલે 0° સે ના પાણીનુ ટેમ્પરેચર વળી પાછું વધે છે ત્યારે બીજી ઉષ્ણતા મેળવે છે. કાચના જામે મેળવેલી ઉષ્ણતા નજીવી જ છે.)

એટલે પાણીએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતા = બરફે મેળવેલી ઉષ્ણતા

$$(m_2 - m_1) \times (t_1 - t_2) = L \times (m_3 - m_2) + (m_3 - m_2) \times t_2$$
$$(व_2 - व_1) \times (ट_1 - ट_2) = ल \times (व_3 - व_2) + (व_3 - व_2) \times ट_2$$

$$L = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_2} \times (t_1 - t_2) - t_2$$

$$ल = \frac{(व_2 - व_1)}{(व_3 - व_2)} \times (ट_1 - ट_2) - ट_2.$$

વરાળનું પાણી થાય છે ત્યારે પણ પુષ્કળ ઉષ્ણુતા બહાર પડે છે. જો આપણે વરાળથી દાઝીએ તેા વરાળનું ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે. હેાવા ઉપરાંત તેમાં એક ગ્રામે ૫૪૦ કેલૉરી ગુપ્ત ઉષ્ણુતા રહેલી છે, એટલે વરાળ ચામડીને લાગતાં ગુપ્ત ઉષ્ણુતાની અને ૧૦૦° સે. જેટલાં ટેમ્પરેચરની સાથે અસર થાય છે. જો માત્ર ૧૦૦° સે. ગરમ પાણીથી જ દાઝીએ તેા તેથી ઓછી ઈજા થશે; કારણુ કે તેમાંથી ગુપ્ત ઉષ્ણુતા બહાર પડતી નથી. આ કારણુથી ઊકળતા પાણીથી અને વરાળથી દાઝીએ તેા વરાળની અસર વધુ ખરાબ થશે.

૮. મંદ બાષ્પીભવન અને ટેમ્પરેચરનેા ઘટાડેા (**Evaporation and Lowering of Temperature**). આપણા હાથ ઉપર સ્પીરિટ, આલ્કૉહૉલ કે ઈથર જેવાં જલદી ઊડી જાય તેવાં પ્રવાહી રેડીએ તેા આપણેા હાથ ઠંડેા થતેા લાગે છે. આનું કારણુ એ છે કે પ્રવાહી વાયુરૂપ થાય છે ત્યારે તેના અણુને ગુપ્ત ઉષ્ણુતા આપવી પડે છે. એ ઉષ્ણુતા આપણા હાથના અણુમાંથી લઈ લેવામાં આવે છે અને તેથી તે ઠંડેા પડે છે. આથી મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) થાય છે ત્યારે જે વસ્તુ ઉપરથી પ્રવાહી ઊડી જાય છે તેમાંથી ઉષ્ણુતા લઈ લે છે, અને તેથી જ તે વસ્તુનું ટેમ્પરેચર ઓછું થાય છે. આપણુને ખૂબ તાપ લાગ્યેા હેાય અને પરસેવાનાં પુષ્કળ બિંદુ બાઝયાં હેાય તેા આપણે પંખા નીચે બેસીએ છીએ. આથી પરસેવાનું મંદ બાષ્પીભવન થાય છે. તેને લીધે આપણા શરીરમાંથી પુષ્કળ ગરમી પરસેવાનાં બિંદુનું બાષ્પીભવન કરવામાં વપરાય છે, અને તેથી આપણુને ઘણી ઠંડક લાગે છે. એક એલ્યુમિનિયમના પ્યાલામાં ઈથર નામનું પ્રવાહી લઈને તેમાં એક પેાલી નળી મૂકી ખૂબ જોરથી અંદર હવાનેા સંચાર કરીએ (આકૃતિ ૧૪૭-અ) તેા તે પ્રવાહીનું ઝડપથી મંદ બાષ્પી-

ભવન થાય છે; અને તેથી તે ઘણુંજ ઠંડું થઈ જાય છે. લાંબો વખત એમ ચાલુ રાખવાથી એલ્યુમિનિયમનો પ્યાલો ખૂબ ઠંડો થઈ જાય છે અને પ્યાલાની બહારની બાજુની નજીકની હવા ઠંડી થવાથી હવામાં રહેલા ભેજમાંથી પાણીનાં બિંદુ પ્યાલાની બહારની બાજુ ઉપર ઝાકળની પેઠે બાઝી જાય છે.

ચા પીતી વખતે આપણે ગરમ ચાની રકાબીમાં દર વખતે ફૂંક મારી ચાનો ઘૂંટડો ભરીએ છીએ. એથી આપણને ચા બહુ ગરમ નથી લાગતી. આનું કારણ છે કે દરેક વખતે ફૂંક મારવાથી મોંના ભેજનું મંદ બાષ્પીભવન થવાથી મોં ઠંડું પડે છે અને તેથી ચાનો ઘૂંટડો ગરમ હોવા છતાં મોં દાઝતું નથી. જો એકી ફૂંકે ચા ઠંડી પડી જતી હોત તો વારંવાર ફૂંક મારી ચા પીવી પડતે નહિ. એટલે ચાનું ટેમ્પરેચર ખાસ ઘટી જતું નથી, પરંતુ બાષ્પીભવનથી મોંની ગરમી ઓછી થાય છે અને તેથીજ ચા વડે મોં દાઝતું નથી.

૯. મંદ બાષ્પીભવન અને ઉત્કલન વચ્ચેનો ભેદ (**Difference between Evaporation and Boiling**). ભીનાં કપડાં છાંયડામાં સૂકવીએ છીએ તોયે થોડીવારમાં અંદરનો ભેજ ઊડી જાય છે. એક ઓરડામાં પાણી ઢોળાયું હોય તે પણ થોડી વારમાં ઊડી જાય છે, એ ઉપરથી અનુમાન થાય છે કે સાધારણ રીતે પાણીનું હંમેશાં મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) થયા જ કરે છે; અને જેમ ટેમ્પરેચર વધુ હોય તેમ બાષ્પીભવન ઝડપથી થાય છે. હવાનો પ્રવાહ પાણી ઉપરથી પસાર થતો હોય તોપણ મંદ બાષ્પીભવન ઝડપથી થાય છે. હવા સૂકી હોય તોપણ મંદ બાષ્પીભવન વધુ થાય છે. પાણીની સપાટી જેમ વધુ મોટી હોય તેમ બાષ્પીભવન વધુ થાય છે. એટલે બાષ્પીભવન ઝડપી અને વધુ બનાવવામાં નીચેની પરિસ્થિતિ મદદ કરે છે: (૧) વિસ્તૃત

સપાટી, (૨) વધુ ટેમ્પરેચર, (૩) હવાનેા ઝડપી પ્રવાહ, અને (૪) સૂકી હવા.

ઉત્કલન (boiling) થાય ત્યારે પણ પાણીનું બાષ્પીભવન (evaporation) થાય છે; પરંતુ તે ઘણું જ ઝડપથી થાય છે. પાણી ઊકળતું હેાય છે ત્યારે વાસણના તળિયાંમાંથી ઝડપથી પરપેાટા નીકળે છે. એ પરપેાટા પાણીની વરાળના છે; એટલે ઉત્કલન વેળા બાષ્પીભવન માત્ર સપાટી ઉપર જ ન થતાં પાણીની અંદર પણ થાય છે. એવાં બાષ્પીભવનને આપણે જલદ બાષ્પીભવન (vaporisation) કહીએ છીએ. ઉત્કલન વખતે થતું જલદ બાષ્પીભવન (vaporisation) એક ચેાક્કસ ટેમ્પરેચરે જ થાય છે; જ્યારે મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) ગમે તે ટેમ્પરેચરે થાય છે.

મંદ બાષ્પીભવન અને ઉત્કલનની સરખામણી
Comparison of Evaporation and Boiling

મંદ બાષ્પીભવન.	ઉત્કલન
૧. દરેક ટેમ્પરેચરે થાય છે.	૧. પ્રવાહી ઉપર આધાર રાખી અમુક ટેમ્પરેચરે થાય છે.
૨. પ્રવાહીની સપાટી ઉપરજ થાય છે	૨. પ્રવાહીની અંદર પણ પરપેાટા થઈને થાય છે.
૩. પ્રવાહીના ટેમ્પરેચરમાં ઘટાડો થાય છે.	૩. પ્રવાહીનું ટેમ્પરેચર તેનું તેજ રહે છે.
૪. વિસ્તૃત સપાટી, ઊંચું ટેમ્પરેચર, હવાનેા પ્રવાહ અને સુકી હવા એને ઝડપી બનાવવામાં મદદ રૂપ છે.	૪. એ સર્વેની એના ઉપર અસર થતી નથી.

૧૦. વાદળ, હવાનો ભેજ, અને ઝાકળ. પૃથ્વીની સપાટીનો લગભગ ત્રણ ચતુર્થાંશ ભાગ સમુદ્રનાં પાણીથી વીંટાળાયેલો છે. એના ઉપર સૂર્યનો તાપ પડવાથી હંમેશાં પાણીનું મંદ બાષ્પીભવન થયા કરે છે.

ભેજ હવામાં હંમેશાં કાયમ રહે છે. ભેજ શિયાળામાં ઓછો હોય છે, ઊનાળામાં વિશેષ હોય છે, અને ચોમાસામાં સૌથી વધુ હોય છે. પ્યાલામાં બરફ નાંખી આપણે કોઈ પીણું લઈએ છીએ ત્યારે પ્યાલાની બહારની બાજુએ પાણીનાં બિંદુ બાઝી જાય છે. આથી સ્પષ્ટ થાય છે કે બહારની હવામાં ભેજ રહેલો છે અને ટેમ્પરેચર ઓછું થતાં તેમાંનો કેટલોક ભેજ પાણીનાં બિંદુરૂપે ઠરી જાય છે. ખાસ કરીને ઠંડીના દિવસોમાં સવારે વનસ્પતિ ઉપર ઝાકળનાં બિંદુ ઠરેલાં માલૂમ પડે છે. વળી કેટલીક વાર ઝાકળ પડ્યા ઉપરાંત ધુમ્મસ પણ વરસે છે. ધુમ્મસ એટલે એક જાતનું વાદળનું રૂપ. રાત્રિની ઘણી ઠંડીને લીધે હવામાં રહેલો ભેજ તેમાં રહી શકતો નથી; એટલે એમાંથી પાણીનાં સૂક્ષ્મ બિંદુઓ બંધાય છે અને ધુમ્મસરૂપે દેખાય છે. એ વાદળનાં બિંદુ સૂક્ષ્મ હોવાથી હવામાં તરતાં રહે છે.

જે પ્રદેશમાં લાંબો વખત તાપ પડે છે ત્યાંની હવા એકંદરે પાતળી થઈને ઊંચે ચઢે છે અને તેથી હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે. એ ઓછાં દબાણવાળા પ્રદેશમાં સમુદ્રનો ભેજ અને વાદળવાળો પવન ધસી જાય છે અને તે હવાના પ્રવાહની સાથે ઊંચે ચઢે છે. એમ થવાથી તે હવા ઓછાં ટેમ્પરેચરવાળાં વાતાવરણમાં દાખલ થાય છે, અને એ રીતે હવા એકાએક ઠંડી પડવાથી તેમાંથી પાણીનાં બિંદુ બંધાય છે. આમ એ વાદળનાં બિંદુ મોટાં થાય છે અને છેવટે વરસાદરૂપે નીચે પડે છે. તેમાંથી વાદળની પેઠે પાણીનાં સૂક્ષ્મ બિંદુ ધૂળના રજકણના કેન્દ્ર ઉપર સામાન્ય

રીતે બંધાય છે. સપાટી ઉપર માત્ર એક સ્થળનાં ટેમ્પરેચરના ઘટાડાથી હવામાં પાણીનાં બિંદુ બંધાય છે, ત્યારે એને આપણે ધુમ્મસ કહીએ છીએ. હવાના પ્રવાહો ઊંચે ચઢવાથી થતાં દબાણ અને ટેમ્પરેચરના ઘટાડાથી વાદળાં ઉત્પન્ન થાય છે.

કેટલીક ભેજ ઠરી જઈને મોટા બિંદુરૂપે વનસ્પતિ અને બીજી વસ્તુ ઉપર બાઝે છે, તેને ઝાકળ કહેવામાં આવે છે. હવા કેટલી ઠંડી થાય તો ઝાકળ બાઝે એ ઘટના સાદા પ્રયોગ વડે નક્કી કરી શકાય છે.

ઝાકળબિંદુ (dew-point) નક્કી કરવાનો પ્રયોગ:-એક ચળકતી બાજુવાળું ઍલ્યુમિનિયમનું જામ લો તેમાં થોડું પાણી રેડો અને તેમાં એક થર્મૉમિટર રાખો. ધીમે ધીમે બરફના નાના ટુકડાને પાણીમાં નાંખી પાણીને હલાવતા રહો. જામની બહારની બાજુ ઉપર ઝાકળના બિંદુ બંધાવા લાગે ત્યારનું ટેમ્પરેચર નોંધો. એ ટેમ્પરેચર તે ઝાકળબિંદુ છે.

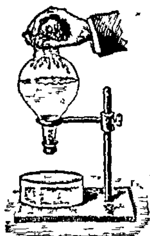
જે ટેમ્પરેચરે હવામાંનો ભેજ ઠરીને પાણીના બિંદુરૂપે બંધાવા લાગે છે, તે ટેમ્પરેચરને ઝાકળબિંદુ (dew-point) કહેવામાં આવે છે.

ઝાકળ બંધાય તોપણ હવામાં હંમેશાં અમુક પ્રમાણમાં ભેજ તો રહે છે જ. દરેક ટેમ્પરેચરે હવામાં વધુમાં વધુ અમુક પ્રમાણમાં જ ભેજ રહી શકે છે. ઓછાં ટેમ્પરેચરે હવામાં થોડો ભેજ રહી શકે છે અને વધુ ટેમ્પરેચરે વધુ ભેજ રહી શકે છે. આમ હવાનું ટેમ્પરેચર ઓછું કરવામાં આવે તો અંદરનો ભેજ અમુક ટેમ્પરેચર સુધી જ રહી શકશે. વળી ટેમ્પરેચર તેથી પણ ઓછું કરીએ તો વધારાનો ભેજ ઝાકળરૂપે ઠરી જાય છે. શિયાળામાં હવામાં ભેજ ઓછો હોય છે, એટલે ઝાકળબિંદુ ઘણાં ઓછાં ટેમ્પરેચરે આવે છે. ઉનાળા અને ચોમાસામાં ઝાકળબિંદુ ઊંચાં ટેમ્પરેચરે હોય છે. જો હવામાં હદ્ ઉપરાંતનો ભેજ હોય તો તે જ ટેમ્પરેચરે ઝાકળ

બંધાશે અને હવાને ઠંડી કરવાની જરૂર પડશે નહિ. ચોમાસામાં હવામાન ઘણું ઠંડું થઈ ગયું હોય અને પુષ્કળ વરસાદ આવતો હોય ત્યારે કાચની બારીના અંદરના ભાગમાં ઝાકળનાં બિંદુ બાઝેલાં માલૂમ પડે છે. એનું કારણ એ છે કે હવામાં અમુક પ્રમાણથી વધુ ભેજ રહી શકતો નથી. ભેજનું પ્રમાણ જ્યારે વધી જાય છે ત્યારે વધારાનો ભેજ ઘન વસ્તુરૂપી કેન્દ્ર (nucleus) ઉપર ઠરે છે અને તેના ઝાકળનાં બિંદુ બંધાય છે.

૧૧. હવાના દબાણની ઉત્કલનબિંદુ (**Boiling Point**) ઉપર અસર. દરિયાની સપાટી નજીક પાણી ૧૦૦° સે. ટેમ્પરેચરે ઊકળે છે, પરંતુ હવાનાં દબાણના ફેરફારની સાથે ઉત્કલનબિંદુ (boiling point) માં પણ થોડો ફેરફાર થાય છે. ઊંચા પર્વતના શિખર ઉપર જઈએ તો માલૂમ પડે છે કે પાણી ૧૦૦° સે. થી ઓછા ટેમ્પરેચરે ઊકળે છે. ઊંડી ખાણ (mine) માં જઈએ તો હવાનું દબાણ વધુ થવાથી પાણી ૧૦૦° સે.થી વધુ ટેમ્પરેચરે ઊકળે છે.

આકૃતિ ૧૪૫



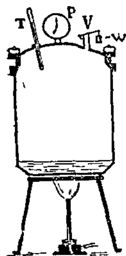
નીચેના પ્રયોગ વડે ઓછા દબાણમાં પાણીનું ઉત્કલનબિન્દુ નીચું ઊતરે છે તે સમજાય છે.

પ્રયોગ : પ્રથમ એક કાચની બરણી લો અને તેમા અર્ધુ પાણી ભરીને ઉકાળો પાણી ઊકળવા લાગે કે તરત એમા હવા ન પ્રવેશે એવો બૂચ લગાડી બધ કરો અને આકૃતિ (૧૪૫) માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઊંધી રાખો હવે પાણી ઊકળનું બધ થયેલુ માલૂમ પડશે. એકાદ વાદળીને અથવા કપડાંને ભીંજાવી તેના ઉપર પાણી નિચોવશો તો અદરનુ પાણી ઊકળવા માડશે (અદરના પાણીનુ ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે. થી ઓછું હશે)

ઉપરના પ્રયોગમાં ઓછાં ટેમ્પરેચરે પાણી ઊકળવાનું કારણ એ છે કે બરણીમાં પાણીની ઉપરનો ભાગ વરાળથી જ ભરેલો છે અને તેના ઉપર ઠંડું પાણી રેડતાં તેમાંની કેટલીક વરાળનું પાણી બની જતાં અંદરનું દબાણ એકાએક ઓછું થાય છે. પાણીની ઉપરનું દબાણ ઓછું થવાથી, પાણીનું ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે. ન હોવા છતાં પણ તે ઊકળવા માંડે છે. આ જ કારણથી ઊંચા પર્વત ઉપર દબાણ ઓછું હોવાથી ચા બનાવવા માટેનું ઊકળતું પાણી ઓછાં ટેમ્પરેચરે હોય છે અને તેથી ચા સારી બનતી નથી. આમ પ્રયોગો વડે સિદ્ધ થાય છે કે,

હવાનું દબાણ જેમ વધુ તેમ પ્રવાહીનું ઉત્કલનબિંદુ પણ ઊંચું જાય છે અને દબાણ ઓછું તેમ ઉત્કલનબિંદુ પણ નીચું આવે છે.

આકૃતિ ૧૪૬.



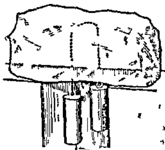
પેપિનનું વાસણ

ઓછાં દબાણવાળી હવા હોય તેવી જગ્યાએ પાણીમાં અથવા વરાળમાં રાંધવાની વસ્તુ બરાબર રંધાતી નથી; કારણ કે હવાનું દબાણ ઓછું હોવાથી પાણીનું ઉત્કલનબિંદુ ૧૦૦° સે. થી ઓછું રહે છે. આવે સ્થળે રાંધવા માટે પેપિનનું વાસણ (Pepin's digester) વાપરવામાં આવે છે (આકૃતિ ૧૪૬). એ વાસણને ચુસ્ત બંધ બેસતાં ઢાંકણાં વડે બંધ કરેલું છે. ઢાંકણાંમાંથી એક થર્મોમિટર T વાસણમાં મૂકેલું છે. ઢાંકણામાં એક નળીને વાલ્વ V વડે બંધ કરેલી છે. વાલ્વના સળિયાને છેડે એક ભારે વજન W ઉચ્ચાલનની પેઠે લટકાવેલું છે. તેના વડે વાલ્વની ઉપર

દબાણ થાય છે. વાયુભારદર્શક P વાસણમાંની વરાળનું દબાણ બતાવે છે. વજન W નો ઘટતો ફેરફાર કરીને ગમે તે ટેમ્પરેચરે એ વાસણમાં રાખેલી વસ્તુને રાંધી શકાશે. જો વરાળનું દબાણ વધુ થઈ જાય તો વાલ્વ આપમેળે ઊઘડીને વરાળને માર્ગ કરી આપે છે. સાધારણ રીતે રસોઈ કરતી વેળાએ ઊકળતાં પાણીનાં વાસણ ઉપર ભારે ઢાંકણ મૂકવાનું પ્રયોજન પણ આ જ છે. વળી એ જ સિદ્ધાંતને આધારે સાધારણ હવામાનનાં દબાણમાં વાયુરૂપમાં રહેતા ક્લોરિન અને કાર્બન ડાયોક્સાઈડ જેવા વાયુ ખૂબ દબાણ કરવાથી પ્રવાહી રૂપમાં આવી શકે છે. ઘણાં દબાણને લીધે એ પ્રવાહીનું ઉત્કલનબિંદુ ઘણું ઊંચું ચઢે છે. અને તેથી સાધારણ ટેમ્પરેચરે એટલાં દબાણમાં તે પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રહે છે.

ગલનબિંદુ ઉપર દબાણની અસર બતાવતો પ્રયોગ:—બરફનું એક મોટું ચોસલું લઈને ટેકા ઉપર મૂકો અને તેના ઉપર બે છેડે ભારે વજન બાંધેલો એક તાર લટકાવો. વજન બરાબર ભારે હશે તો એ તાર બરફના ચોસલાને કાપીને નીચે ઊતરવા માંડશે. થોડી વારમાં આખા બરફનાં ચોસલામાં થઈને એ તાર પસાર થઈ જશે, પરંતુ ચોસલાના બે ભાગ થવાને બદલે બરફના બન્ને ભાગ જોડાયેલા જ માલૂમ પડશે (આ ૧૪૭)

આકૃતિ ૧૪૭.



બરફને કાપીને તાર અંદરથી પસાર થાય છે, ત્યારે બરફનું પાણી બને છે; પરંતુ તારના દબાણથી એ પાણીનું ટેમ્પરેચર 0° સે. થી ઓછું થાય છે એટલે કે ગલનબિંદુ 0° સે. થી નીચે ઊતરે છે. આથી તાર પસાર થયા પછી જે પાણી ઉપર આવે એ પાછું 0° સે. થી પણ ઠંડું હોવાથી તરત જ ઠરીને બરફ

થઈ જાય છે અને ઉપરના બરફના છૂટા થયેલા ભાગને સાંધી દે છે. જેમ તાર નીચે ઊતરતો જાય છે, તેમ ઉપરનો બરફ પાછો સંધાતો જાય છે; એટલે આખો તાર બરફને કાપીને નીચે પડવા છતાં બરફનાં ચોસલાં પાછાં સંધાઈ જાય છે. આ જ પ્રમાણે બે બરફના ટુકડાને દબાણ કરીને ઘસીએ તો તે બન્ને સંધાઈ જાય છે. આ રીતે બરફની સંધાવાની ક્રિયાને રેજીલેશન (regelation) કહેવામાં આવે છે. જે પદાર્થો પીગળે ત્યારે તેમનાં કદમાં ઘટાડો થાય તેવા પદાર્થો ઉપર દબાણ કરવાથી તેમનું ગલનબિંદુ નીચે ઊતરે છે.

૧૨. ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ ઉપર દ્રાવણની અસર. પ્રયોગ (૧):—એક કાચની બરણીમાં બરફનો ભૂકો ભરી થર્મોમિટર વડે તેનું ટેમ્પરેચર નોંધો. હવે બરફના ભૂકામાં થોડું મીઠું ભેળો અને ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો. ત્રીજી વાર વળી વધુ મીઠું ભેળી ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો.

પ્રયોગ (૨):—એક કાચની બરણી (flask) માં થોડું ચોખ્ખું પાણી ઉકાળો. તેમાં થર્મોમિટર મૂકી તેનું ટેમ્પરેચર નોંધો. હવે ઊકળતાં પાણીમાં થોડું મીઠું નાખો અને ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો. બીજું વધારાનું મીઠું નાંખી ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો.

ઉપરના પ્રયોગ (૧) માંથી માલૂમ પડે છે કે બરફના ભૂકામાં કોઈ પણ ક્ષાર ભેળવાથી તેનું ટેમ્પરેચર 0° સે. થી ઓછું થાય છે. જેમ વધુ ક્ષાર નાખીએ તેમ ટેમ્પરેચર 0° સે. થી વધુ નીચે ઊતરે છે.

પ્રયોગ (૨) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે ચોખ્ખા પાણીનું ઉત્કલનબિંદુ ૧૦૦° સે. થી વધુ થાય છે. જેમ ક્ષારનું પ્રમાણ વધે છે તેમ ઉત્કલનબિંદુ ઊંચું થાય છે.

આ ઘટનાનો એક ઉપયોગ આઈસક્રીમ બનાવતી વખતે

થાય છે. આઈસક્રીમના સંચામાં વચ્ચેના પાતળા ધાતુના ડબ્બામાં દૂધ, સાકર વગેરે નાંખી ડબ્બાને બંધ કરવામાં આવે છે. એ ડબ્બાને એક લાકડાનાં વાસણમાં મૂકી ફરતે બરફના ટુકડા અને મીઠું નાંખવામાં આવે છે એટલે તેનું ટેમ્પરેચર 0° સે. થી પણ ઓછું થવાથી ધાતુના ડબ્બામાં રહેલું દૂધ ઠરીને તેનું આઈસક્રીમ બંધાય છે. જો એકલો બરફ જ નાંખીએ તો દૂધનું ટેમ્પરેચર માત્ર 0° સે. સુધી જ નીચે ઊતરે છે. જો 0° સે. થી ઓછું ટેમ્પરેચર થાય તો જ દૂધ ઠરે છે અને આઈસક્રીમ બંધાય છે. આ કારણથી બરફમાં મીઠું નાંખવામાં આવે છે.

બીજો ઉપયોગ રસોઈ કરતી વખતે પાણીનું ઉત્કલનબિંદુ વધારવામાં થાય છે. કોઈ વસ્તુને ઊકાળતાં પાણીમાં બરાબર ન ચડતી હોય તો પાણીમાં સંચોરો નાંખવામાં આવે છે. આથી ઊકળતાં પાણીનું ટેમ્પરેચર વધે છે અને વસ્તુ ચડી જાય છે. થર્મોમિટર ઉપર પાણીનાં ઉત્કલનબિંદુની નોંધ કરવા માટે થર્મોમિટરના ગોળાને પાણીમાં ડુબાવવામાં આવતો નથી, કારણ કે જો પાણી શુદ્ધ ન હોય તો તેમાં ઓગળેલા ક્ષારને લીધે તેનું ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે. થી ઊંચે જશે અને થર્મોમિટર ઉપર ખોટો આંક નોંધાશે. વરાળનું ટેમ્પરેચર સામાન્ય દબાણમાં (૭૬ સેમિ. દબાણમાં) ૧૦૦° સે. જેટલું રહે છે.

આકૃતિ ૧૪૭-અ.



૧૩. ઠંડક ઉત્પન્ન કરવાની રીત. પ્રયોગઃ— એક એલ્યુમિનિયમના પ્યાલામાં થોડું પાણી લો અગર જો સ્પીરીટ કે ઈથર મળે તો તે લો (આકૃતિ ૧૪૭ અ). એ પ્યાલામાં એક થર્મોમિટર મૂકો, અને તેમાં રહેલાં પ્રવાહીનું ટેમ્પરેચર નોંધો. હવે બતાવ્યા પ્રમાણે એ પ્રવાહીમાં લાંબો વખત સુધી જોરથી એક પોલી નળી વડે ફૂંક મારો. થર્મોમિટર ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો બતાવે છે તેની નોંધ કરો. લાંબો વખત

એ પ્રકારે ફૂંક મારવાથી, પ્યાલાની બહારની બાજુએ પાણીના બિંદુ બાઝતાં માલૂમ પડશે. જે ટેમ્પરેચરે આમ બિંદુ બાઝતાં માલૂમ પડે તેની નોંધ કરો. એ ટેમ્પરેચર ઝાકળ બિંદુ (dew-point) દર્શાવે છે.

ઉપરના પ્રયોગમાં ફૂંક મારવાથી પ્યાલામાં પ્રવાહીનું મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) થાય છે અને તેથી એ પ્રવાહીની વરાળને જે ગુપ્ત ઉષ્ણતા જોઈએ છે તે પ્રવાહીમાંથી લઈ લે છે. આથી પ્રવાહી ઠંડું પડે છે. વળી એ પ્યાલાની આસપાસની હવા ઠંડી પડીને ઝાકળબિંદુના ટેમ્પરેચરે પહોંચે છે એટલે પ્યાલાની બહારની બાજુએ ઝાકળના બિંદુ બાઝેલાં માલૂમ પડે છે. હવામાં રહેલો ભેજ એ ટેમ્પરેચરે વધુ થઈ પડે છે અને તેથી ઝાકળરૂપે છૂટો પડે છે.

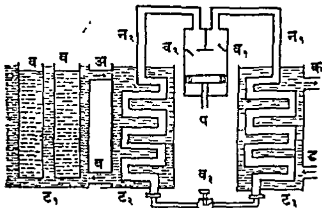
પાણીનું બરફ બનાવવું હોય, પાણીને ઠંડું કરવું હોય, ઓરડાની હવા ખૂબ ગરમ હોય તેનું ટેમ્પરેચર ઓછું કરવું હોય અથવા ગમે ત્યારે ઠંડક ઉત્પન્ન કરવી હોય તો આગળ જોઈ ગયેલા કેટલાક નિયમોનો આશ્રય લેવો પડે છે. બાષ્પીભવન વડે ઉષ્ણતામાન ઓછું થઈ શકે તે આપણે પ્રથમ જોયું છે. એ નિયમોનો ઉપયોગ કરીને થોડા પ્રમાણમાં બરફ પણ બનાવી શકાય છે. એક લાકડાના ટુકડા ઉપર થોડું પાણી રેડી તેના ઉપર પાતળા કાચનું પ્યાલું મૂકી તેમાં થોડું ઈથિર રેડો. એ ઈથરમાં એક કાચની નળી મૂકી તેમાંથી એક પગની ધમણ વડે જોરથી પવન ફૂંકો. થોડી વારમાં પ્યાલાની નીચેનું પાણી ઠરી જઈને તેનું બરફ બંધાશે અને કાચનું પ્યાલું લાકડાના ટુકડા સાથે ચોંટી જશે. પ્યાલામાંના ઈથિરનું ઝડપથી બાષ્પીભવન થવાથી તેનું ટેમ્પરેચર ઓછું થઈ જાય છે તેથી તેનીં રહેલાં પાણીનું બરફ બની જાય છે.

ઠંડક ઉત્પન્ન કરવાની બીજી રીત વાયુને એકાએક વિસ્તૃત

કરવાની છે. બાયસિકલની ટ્યુબમાં ખૂબ જોરથી હવા ભરવામાં આવે તો એ હવાનું ટેમ્પરેચર વધે છે; પરંતુ જો એ જ હવાને એકાએક બહાર નીકળવા દેવામાં આવે, તો એ પુષ્કળ ઠંડી થઈ જાય છે. જોરથી હવા બહાર નીકળતી હોય તે વેળા નળી આગળ હાથ રાખવાથી માલૂમ પડશે કે હવા બહુ જ ઠંડી લાગે છે. હવાને બદલે કોઈ પણ વાયુને એકાએક વિસ્તૃત કરવામાં આવે તોપણ એ જ પરિણામ આવે છે. કાચના એક બંધ ગોળામાં થોડું પાણી રાખી તેની હવા એકાએક શોષી લેવામાં આવે તો અંદર ઘણી ઠંડક ઉત્પન્ન થશે અને પરિણામે ગોળામાંની હવામાં રહેલો ભેજ વધુ થઈ પડવાથી તેનું વાદળ બંધાઈ જશે.

૧૪. બરફ બનાવવાનું યંત્ર. બરફ બનાવવાનું યંત્ર આકૃતિ (૧૪૮) માં બતાવવામાં આવ્યું છે $ट_2$ અને $ट_3$ વાસણમાં $न_2$ અને $न_1$ નળીઓ છે. એ બન્ને નળીઓને નીચેના ભાગમાં એક બારીક છિદ્રવાળા વાલ્વ $व_3$ થી જોડેલી છે. $न_2$ નળીમાં થોડું એમોનિયા (ammonia) પ્રવાહી ભરેલું છે. એ નળીને કેલ્સિયમ ક્લોરાઈડના દ્રાવણમાં (solution of calcium chloride) રાખેલી છે અને $न_1$ નળીને ફરતે क અને ड નળી વાટે ઠંડું પાણી દાખલ કરવામાં આવે છે. જ્યારે પંપ प નો પિસ્ટન નીચે ઊતરે છે, ત્યારે $व_2$ વાલ્વ ઉઘડે છે અને એથી $न_2$ માંના એમોનિયા પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન થાય છે. એકાએક પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન થવાથી તેનું ટેમ્પરેચર ઘટી જાય છે અને $ट_2$ માં રહેલું દ્રાવણ ઠંડું થાય છે. પિસ્ટન ઊંચે ચઢે છે, ત્યારે $व_2$ બંધ થાય છે, અને $व_1$ વાલ્વ ખુલ્લો થાય છે. આથી એમોનિયા વાયુ સંકોચાઈને નળી $न_1$ માં દાખલ થાય છે. અહીં ઠંડાં પાણીને લીધે એ વાયુ ઠંડો પડે છે અને તેનું પાછું પ્રવાહી બને છે. એ પ્રવાહી વળી પાછું $व_3$

આકૃતિ ૧૪૮.



બરફ બનવવાનું યંત્ર

વાલ્વ મારફતે ન₂ નળીમાં દાખલ થાય છે. આમ લાંબો વખત પંપ ચાલવાથી ટ₂ માં રહેલાં દ્રાવણનું ટેમ્પરેચર ઘણું જ ઘટી જાય છે અને 0° સે. થી પણ નીચે ઊતરી જાય છે. એ દ્રાવણને અ અને ઘ નળી વાટે બાજુમાં રાખેલી મોટી ટાંકી ટ₁ માં ફેરવવામાં આવે છે. એ ટાંકીમાં ચોખ્ખા પાણીથી ભરેલાં ધાતુનાં વાસણો વ રાખવામાં આવે છે,અને તેમાં બરફ બંધાય છે.

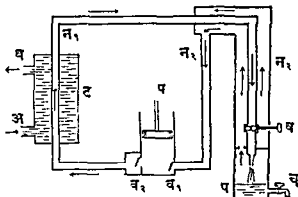
૧૫. હવાનું દ્રવીભવન (Liquefaction of Air). મુંબઈ જેવા મોટા શહેરમાં ઑક્સિજન વાયુ અને હવા પણ પ્રવાહી સ્વરૂપમાં મળી શકે છે. હવા શૂન્યથી નીચે – ૧૫૯° સે. ટેમ્પરેચરે પ્રવાહી બને છે. પ્રવાહી હવા ચોખ્ખા કેરોસિન તેલ જેવી સાધારણ ભૂરાશ પડતી દેખાય છે. પ્રવાહી હવાને દેવારના શૂન્યાવકાશવાળાં પાત્ર (vacuum vessel) માં જ (આકૃતિ ૧૬૩) રાખી શકાય છે. એ પાત્રમાં પણ એ હમેશાં ઊકળતી રહે છે. હવામાંના નાઈટ્રોજનનું પ્રથમ બાષ્પીભવન થતાં તે ઊડી જાય છે

અને ઑક્સિજન રહી જાય છે; કારણ કે તેનું ઉત્કલનબિંદુ ઑક્સિજનથી સહેજ ઓછું છે. એટલાં ઉષ્ણતામાને પારો ઘન થઈ જાય છે અને ફૂલ, રબર, સીસાંના તાર વગેરે સખત અને બરડ થઈ જાય છે. આપણી પૃથ્વીનું ટેમ્પરેચર પણ એટલું ઓછું થઈ જાય તો પૃથ્વીની સપાટી ઉપર હવાના પ્રવાહીનો ૩૫ ફૂટ ઊંડો સમુદ્ર ચારે બાજુ ફરી વળે. હવાને પ્રવાહી સ્વરૂપમા લાવવાથી ચોખ્ખી હવા એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ લઈ જઈ શકાય છે. ખાસ કરીને ડૉક્ટરના ધંધામાં ઑક્સિજનનો ખૂબ ઉપયોગ થાય છે. ઑક્સિજનની મોટા જથ્થામાં જરૂર પડે તો નાના વાસણમાં પ્રવાહી સ્વરૂપે લઈ જઈ શકાય છે. હવાને પ્રવાહી બનાવવામાં વાયુને એકાએક વિસ્તૃત કરવાથી ઠંડો પડે છે તે સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. હવાને પ્રવાહી બનાવવાનું યંત્ર કેમ ચાલે છે તે નીચેની આકૃતિ (૧૪૯) વડે સમજાવવામાં આવ્યું છે.

પંપવડે હવા લગભગ ૨૦૦ હવામાન જેટલાં દબાણે ૮ વાસણમાંની ન૧ નળીમાં મોકલવામાં આવે છે. એ હવા આમ સંકોચાવાથી ગરમ થાય છે, એટલે એની ફરતે અ અને બ દ્વારા પાણી મોકલવાથી એ હવા ઠંડી પડે છે. એને તીરની દિશામાં મોકલવામાં આવે છે. એ નળીની ફરતે ઊન વીંટાળી દીધેલું હોય છે અને તેથી બહારની ગરમી તેને અસર કરી શકતી નથી. પ વાસણમાં એ નળી ખૂલે છે અને તેની ફરતે ન૨ નળી આવી રહેલી છે. ન૧ નળીમાં હવા ઉપરથી નીચે ઊતરે છે, જ્યારે ન૨ માં હવા નીચેથી ઊંચે જાય છે અને ત્યાંથી તીર વડે બતાવ્યા પ્રમાણે પાછી પંપમાં દાખલ થાય છે. ન૧ ની અંદરની હવા ૨૦૦ હવામાનનાં દબાણથી નીચે ઊતરે છે અને એક ઘણા બારીક વાલ્વ વ માંથી એકાએક વિસ્તૃત થઈ ૧૯ હવામાન

જેટલાં ઓછાં દબાણવાળી થઈ જાય છે. આમ થવાથી હવા અતિ ઠંડી થાય છે અને પ્રવાહી બનવા માંડે છે. આમ ઠંડી થયેલી

આકૃતિ ૧૪૯.



હવાને દ્રવીભવન કરવાનું યંત્ર

જેટલી હવા પ્રવાહી ન થઈ હોય તે $न_2$ વાટે ઊંચે ચઢી પંપ તરફ જાય છે અને તેથી માર્ગમાં $न_1$ નળીમાંથી નીચે ઊતરતી હવાને વધુ ઠંડી બનાવતી જાય છે. એ ઠંડી પડેલી હવા વ વાલ્વમાંથી બહાર પડવાથી વધુ ઠંડી પડે છે એટલે એ તરત પ્રવાહી બને છે. આમ લાંબો વખત ચાલુ રહેવાથી ધીમેધીમે પ્રવાહી હવા નીચેનાં,વાસણમાં ભેગી થવા માંડે છે. એ વાસણને બેવડી બાજુ હોવાથી અને વચમાં શૂન્યાવકાશ હોવાથી પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન થતું કંઈક અંશે અટકે છે. ચકલી ચ દ્વારા પ્રવાહીને જરૂર પડે તો કાઢી લઈ શકાય છે.

સાર

૧. એક ગ્રામ પાણીનુ ટેમ્પરેચર ૧° સે વધારવા માટે જે ઉષ્ણતા જોઈએ તેને ઉષ્ણતાનો એકમ લેખવામાં આવે છે અને તેને કેલોરી કહેવામાં

આવે છે. એક પાઉંડ પાણીનું ટેમ્પરેચર ૧° ફે. વધારવા જે ઉષ્ણતા જોઈએ તેને બ્રિટીશ થર્મલ યુનિટ (B. T. U.) કહેવામાં આવે છે.

એક ગ્રામ વજનની વસ્તુના ટેમ્પરેચરનો ૧° સે. વધારો કરવા જે ઉષ્ણતા જોઈએ તેને તે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા (વિ..ઉ.) કહેવામાં આવે છે. વસ્તુના ટેમ્પરેચરમાં વધારો થવાથી કેટલી ઉષ્ણતા વપરાય છે તે નીચેનાં સમીકરણથી જણાય છે.

$$\text{વસ્તુએ મેળવેલી ઉષ્ણતા} = \text{વસ્તુનું વજન} \times \text{ટેમ્પરેચરનો વધારો} \times \text{વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા}$$

વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા નિયત કરવા મિશ્રણની પદ્ધતિ પ્રમાણે પ્રયોગ કરવા પડે છે. ઠંડી વસ્તુ અને ગરમ વસ્તુને ભેગા કરી ઉષ્ણતાની આપલે થાય તે શોધવાથી અજ્ઞાત વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા મળી આવે છે.

૨: જ્યારે વસ્તુના સ્વરૂપમાં ફેરફાર થાય ત્યારે ટેમ્પરેચરનો ફેરફાર થતો નથી, પરંતુ વસ્તુ ઉષ્ણતાને સ્વીકારે છે. આ ઉષ્ણતાને ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat) કહેવામાં આવે છે. 0° સે. ટેમ્પરેચરે એક ગ્રામ બરફનું પાણી બનાવવા જોઈતી ઉષ્ણતા અથવા એક ગ્રામ પાણીનું બરફ બનાવતાં બહાર પડેલી ઉષ્ણતાને બરફની ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat of fusion of ice) કહેવામાં આવે છે. એ જ પ્રમાણે ૧૦૦° સે. ટેમ્પરેચરે એક ગ્રામ પાણીની વરાળ બનાવવા જોઈતી ઉષ્ણતા અથવા એક ગ્રામ વરાળનું પાણી બનાવતાં બહાર પડેલી ઉષ્ણતાને પાણીની બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat of vaporisation of water) કહેવામાં આવે છે. ઉપર દર્શાવેલી મિશ્રણ પદ્ધતિથી બન્ને પ્રકારની ગુપ્ત ઉષ્ણતા નક્કી કરવામાં આવે છે.

૩. બાષ્પીભવન બે પ્રકારનું હોય છે: મંદ અને જલદ. દરેક ટેમ્પરેચરે પ્રવાહીનું થોડું ઘણું મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) ચાલ્યા જ કરે છે. જલદ બાષ્પીભવન (vaporisation) પ્રવાહી ઊકળે ત્યારે થાય છે. મંદ બાષ્પીભવન માત્ર ખુલ્લી સપાટી ઉપર જ થાય છે, જ્યારે જલદ બાષ્પીભવન પ્રવાહીની અંદર પણ થાય છે અને તેથી પરપોટા નીકળે છે. મંદ બાષ્પીભવન થવાથી પ્રવાહી ઠંડું થાય છે, જ્યારે ઉત્કલન વખતે જલદ બાષ્પીભવન થવાથી ટેમ્પરેચર તેનું તે જ રહે છે.

૪. પીગળતાં જેનું કદ ઓછું થાય તેવી બરફ જેવી વસ્તુ ઉપર દબાણ કરવામાં આવે તો ગલનબિંદુ નીચે ઊતરે છે. બરફમાં બીજો ક્ષાર ભેળવામાં આવે તોપણ ગલનબિંદુ નીચે ઊતરે છે અને બરફનું ટેમ્પરેચર ઘટે છે.

દબાણ વધારવાથી અથવા પ્રવાહીમાં વધુ ક્ષાર ઉમેરવાથી ઉત્કલનબિંદુ ઊંચે ચઢે છે.

૫. વાયુને એકાએક સંકોચવામાં આવે તો તે ઉષ્ણ થાય છે. એ જ વાયુને એકાએક વિસ્તૃત થવા દેવામાં આવે તો તે ઠંડો થાય છે. આ ગુણોનો ઉપયોગ કરી હવા, અને બીજા ઘણા વાયુને પ્રવાહી રૂપમાં ફેરવવામાં આવ્યા છે. પ્રથમ વાયુને ખૂબ દબાણથી સંકોચી એકાએક વિસ્તૃત થવા દેવામાં આવે છે. આથી તે ખૂબ ઠંડો પડે છે અને પ્રવાહી બની જાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) ઉષ્ણતાના એકમની અને વિશિષ્ટ ઉષ્ણતાની વ્યાખ્યા આપો.

(૨) એક વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા શોધવાનો સાદો પ્રયોગ વર્ણવો.

(૩) ૫૦ ગ્રામ પાણીને ૩૦° થી ૭૦° સે. સુધી ગરમ કરવા કેટલી ઉષ્ણતા જોઈશે?

(૪) ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat) વિશે શું જાણો છો?

(૫) ઊકળતા પાણીથી અને વરાળથી દાઝીએ તો એમાં વધુ હાનિકારક કયું?

(૬) બાષ્પીભવન અને ઉત્કલનનો ફેર સમજાવો. હાથ ઉપર સ્પીરીટ રેડીએ તો હાથ ઠંડો પડે છે; કારણ શું?

(૭) ઝાકળ ક્યારે બંધાય છે? ઝાકળબિંદુ એટલે શું?

(૮) બરાબર ચડતી ન હોય એવી વસ્તુમાં સંચોરો કેમ નાંખવામાં આવે છે?

(૯) પેપિનનું વાસણ શા ઉપયોગમાં આવે છે? કારણ આપી સમજાવો.

(૧૦) ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ ઉપર દબાણની અને દ્રાવણની શી અસર થાય છે?

(૧૧) આઈસક્રિમ બનાવવામાં બરફમાં મીઠું કેમ નાખવામાં આવે છે?

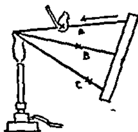
(૧૨) હવાનું દ્રવીભવન કેવી રીતે કરવામાં આવે છે?

પ્રકરણ ૧૬

ઉષ્ણતાનું નિર્ગમન (Transfer of Heat)

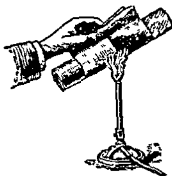
૧. ઉષ્ણતાવહન (Conduction of Heat). પ્રયોગ (૧):– એક લોખંડનો સળિયો લો. તેના ઉપર થોડેથોડે અંતરે મીણવડે લાકડાની ગોળીઓ વળગાવો. સળિયાનો એક છેડો ગરમ કરો. તપાવેલા છેડાના નજીકની લાકડાની ગોળી પ્રથમ પડી જાય છે. કારણ શું? લાંબો વખત તપાવવાથી ત્યાંથી દૂરની ગોળી અનુક્રમે પડી જશે, કારણ કે ગોળીને વળગાડેલું મીણ પીગળી જાય છે.

આકૃતિ ૧૫૦.



(૨):–આકૃતિ (૧૫૦) માં ત્રણ જુદીજુદી ધાતુના સળિયા A, B અને C લો. બધા સળિયાના છેડાને એકીસાથે તપાવો. હવે દૂરના છેડાથી પ્રથમ A ઉપર દીવાસળીનો ગંધકનો ભાગ મૂકી ધીમેધીમે તીરથી બતાવ્યા મુજબ બર્નરની જ્યોત તરફ લઈ જાઓ. દીવાસળી ક્યાં બિંદુ આગળ આવતાં સળગે તેની ચોકડી વડે નોધ કરો. એ જ પ્રમાણે B અને C સળિયા ઉપર પણ નોધ કરો A કરતાં B માં અને B કરતાં C માં વધુ ઝડપથી ઉષ્ણતા વહે છે એમ સમજાય છે.

આકૃતિ ૧૫૧.



(૩):–એક ધાતુના અને લાકડાના એકસરખા કદના સળિયા લો. બન્નેના છેડાને એકબીજાને અડકાવી તેમના ઉપર કાગળ વીંટાળો અને આકૃતિ (૧૫૧) માં બતાવ્યા મુજબ બન્ને સળિયાના સાંધા આગળ બર્નરની જ્યોત લગાડો. કાગળનો કયો ભાગ જલદી બળી જાય છે અગર કાળો પડીને રાખ થઈ જાય છે?

ઉપરના પ્રયોગ (૧) ઉપરથી સમજાશે કે લોખંડના સળિયામાંથી ઉષ્ણુતા એકથી બીજી બાજુ તરફ વહે છે, અને તેથી જ સળિયાના દૂરના ભાગો પણ ગરમ થતા જાય છે. સળિયાના તપાવેલા છેડાનો નજીકનો ભાગ પ્રથમ ગરમ થાય છે અને તેથી ત્યાંનું મીણ પીગળી જતાં ત્યાં વળગાવેલી લાકડાની ગોળી પ્રથમ પડી જાય છે.

પ્રયોગ (૨) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે બધી વસ્તુમાં ઉષ્ણુતા એકસરખી રીતે પસાર થતી નથી. લોખંડ તાંબું વગેરે ધાતુ જલદ ઉષ્ણુતાવાહક (good conductor) છે, કારણુ કે એમાંથી ઉષ્ણુતા ઝટ પસાર થાય છે. એ જ પ્રયોગ લાકડું કે કાચ જેવી વસ્તુના સળિયા વડે કરીશું તો માલૂમ પડશે કે દીવાસળીને સળગાવવા માટે બર્નરની જ્યોતની ઘણી જ નજીક લઈ જવી પડે છે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે લાકડું, કાચ ગંધક વગેરે વસ્તુ બહુ ઉષ્ણુતાવાહક (bad conductor) છે.

પ્રયોગ (૩) માં લાકડું મંદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી તે ઉપરનો કાગળ જલદી બળીને કાળો પડી જાય છે. ધાતુ જલદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી ધાતુ ઉપરના કાગળની ગરમી ધાતુમાં ઝટ ચાલી જાય છે અને કાગળ મોડો સળગે છે.

૨. રોજના બનાવોમાં ઉષ્ણુતાવહન. ગરમ વસ્તુને ઊંચકવી હોય તો આપણે મંદ ઉષ્ણુતાવાહક વસ્તુનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. તપી ગયેલાં વાસણુને કપડાં વડે ઊંચકીએ છીએ, કારણુ કે કપડાં મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે. દૂરનો છેડો બળતો હોય તોપણુ આપણે લાકડાંને ઊંચકી શકીએ છીએ, કારણુ કે લાકડું ઘણું જ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે. તપેલી રેતી ઉપર આપણે ચામડાંના જોડા

પહેરી ચાલીએ તેા રેતી ગરમ લાગતી નથી, કારણ કે ચામડું એકંદરે મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે. એથી વધુ ઉષ્ણુતાવાહક રબરનાં તળિયાંવાળા જોડા પહેરીને ચાલીએ તેા તે જલદી તપી જાય છે. આપણાં ઘરનાં છાપરાં ઉપર જો પતરાં નાંખ્યાં હેાય તેા તે જલદી તપી જાય છે અને ઘરમાં ઘણી ગરમી લાગે છે. માટીનાં નળિયાં એટલાં જલદી તપી જતાં નથી, એટલે ગરમ દેશમાં પતરાંનું છાજ સારું ન કહેવાય. પતરાંની ઉપર કેટલેક ઠેકાણે ઘાસ કે એવી સૂકી વનસ્પતિ પાથરવામાં આવે છે અને તે ઓછી ઉષ્ણુતાવાહક હેાવાથી પતરાં ઓછાં તપે છે.

શિયાળામાં પથ્થરને અડકીએ તેા બહુ ઠંડા લાગે છે અને ઊન અથવા રૂને અડકીએ તેા તે તેટલાં ઠંડાં નથી લાગતાં; કારણ કે પથ્થર વધુ જલદ ઉષ્ણુતાવાહક હેાવાથી શરીરની ગરમી ઝટ લઈ લે છે, જ્યારે ઊન કે રૂ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક હેાવાથી શરીરની ગરમી ઝટ લઈ શકતાં નથી. ઊનનું કાપડ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક હેાવાથી શિયાળામાં આપણે એ કાપડ પહેરીએ છીએ; કારણ કે તેમાંથી શરીરની ગરમી બહાર જઈ શકતી નથી.

જાડાં કપડાંને બદલે બે પાતળાં કપડાં પહેરવાથી શરીરમાંની ગરમીનું રક્ષણ વધારે સારી પેઠે થાય છે, કારણ કે બે કપડાંની વચ્ચે જે હવાનેા થર રહેલેા છે તે ઘણેા મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે અને તેથી શરીરની ગરમીને સારી પેઠે રક્ષે છે. રૂના ગાદલામાં પણ હવા ભરાયેલી હેાવાથી તેના વડે ગરમીનું સારી પેઠે રક્ષણ થાય છે. પીછાંવાળાં પ્રાણીઓના શરીરમાં પુષ્કળ ગરમી રહી શકે છે, તેનું કારણ હવાની મંદવાહકતા છે. પીછાંના જૂથમાં હમેશાં હવાનાં સ્તર (layers) રહેલા હેાય છે અને એ મંદવાહક

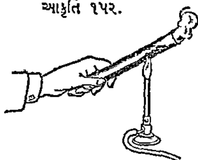
હોવાથી પક્ષીની શરીરની ગરમી જળવાઈ રહે છે. શરીરના વાળ પણ એ જ નિયમને આધારે શરીરનું ઠંડીથી રક્ષણ કરવા શક્તિમાન થાય છે. ઉત્તર ધ્રુવના પ્રદેશોમાં રીંછ, કૂતરા વગેરે પ્રાણીના શરીરનું ઠંડીથી રક્ષણ તેમના જથ્થાબંધ અને લાંબા વાળથી થાય છે. ગરમ પાણીને લઈ જતા નળમાંથી અથવા વરાળ જતી હોય તે નળીમાંથી ગરમી જતી ન રહે તેટલા માટે ફરતે એસબેસ્ટૉસ જેવી મંદ ઉષ્ણુતાવાહક વસ્તુ વીંટાળવામાં આવે છે.

૩. ઉષ્ણુતાવહન (Conduction) કેવી રીતે થાય છે. ગરમ થતી દરેક વસ્તુના અણુ જ્યાં ના ત્યાં જ રહે છે, છતાં ઉષ્ણુતા એકથી બીજી બાજુ જઈ શકે છે અને વચ્ચેના બધા અણુને ઉષ્ણ કરે છે. આ ઉપરથી લાગે છે કે ઉષ્ણુતાની એક અણુમાંથી બીજામાં અને બીજામાંથી ત્રીજામાં અરસપરસ આપલે થવાથી તે એક જગ્યાએથી બીજે પ્રસરે છે.

ઉષ્ણુતાવહન (conduction) માં અણુ પોતાની જગ્યાથી ખસતા નથી; પરંતુ વધારે ગરમ અણુ તેમની ઉષ્ણુતા નજીકના ઠંડા અણુને આપે છે અને એ રીતે ઉષ્ણુતા એક પછી એક અણુ મારફતે આગળ વધે છે.

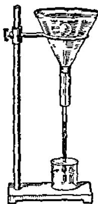
ઘન વસ્તુમાં વાયુ અને પ્રવાહી કરતાં વધુ ઉષ્ણુતાવહન થાય છે. આવી રીતે જે ઉષ્ણુતા એક છેડેથી બીજે છેડે જાય છે તેમાંથી થોડી ઉષ્ણુતા અણુને ગરમ કરવામાં વપરાય છે. બાકીની ઉષ્ણુતા આગળ જાય છે. આંથી એક સળિયાના તપાવવા મૂકેલા છેડાથી જેમ દૂર જઈએ તેમ તે ઓછો ગરમ લાગે છે. ઘન વસ્તુ જલદ ઉષ્ણુતાવાહક છે, પ્રવાહી તેથી ઓછું ઉષ્ણુતાવાહક છે અને વાયુ એથી પણ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે.

આકૃતિ ૧૫૨.



પ્રયોગઃ—એક કાચની કશનળી (test-tube) માં પાણી લઈને એ પાણીના ઉપરના ભાગને બર્નર ઉપર તપાવેા. ઉપલા ભાગનું પાણી ઊકળતું માલૂમ પડશે (આકૃતિ ૧૫૨), પરંતુ નીચેનું ઠંડું જ રહે છે.

આકૃતિ ૧૫૩.



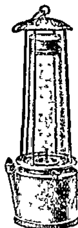
પ્રયેાગઃ—એક ગળણીમાં ગેાળાથી બતાવેલું હવાનું થર્મોમિટર દાખલ કરી (આકૃતિ ૧૫૩) નીચેની નળી પાણીમાં ડુબાવી રાખી સહેજ તપાવી ઠંડું પાડશેા તેા એમાં નીચેથી કાળા ભાગમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પાણીની સપાટી ચડશે. ગળણીને પ્રથમ ખાલી રાખી થર્મોમિટરના ગેાળાને ફરીથી સહેજ તપાવેા તેા અંદરની હવા વિસ્તૃત થાય છે અને તેથી નળીમાંની પાણીની સપાટી નીચે ઊતરે છે હવે એ ગળણીને પાણીથી ભરીને ઉપર થેાડું સ્પીરિટ રેડેા અને તેને દીવાસળી વડે સળગાવેા. સ્પીરિટ લાંબેા વખત બળશે. પરંતુ તેની ગરમી પાણીમાં થઈને ગેાળાની હવાને નહિ જેવી જ અસર કરશે.

ઉપરના પ્રયેાગથી સિદ્ધ થાય છે કે પાણી બહુ જ મંદ, ઉષ્ણતાવાહક છે. એ જ પ્રમાણે હવા પણ બહુ જ મંદ ઊષ્ણતાવાહક છે. આમ છતાં પ્રવાહી અને વાયુમાં બીજી રીતે જલદીથી ઉષ્ણતાનું નિર્ગમન થાય છે તે પાછળથી જોઈશું.

૪. ડેવીના અભય દીવેા (Davy's Safety Lamp). ઈંગ્લૅન્ડની કેાલસાની ખાણેામાં અસલ ખુલ્લા મીણબત્તીના અગર

તેલના દીવા વપરાતા. ખાણોમાં ઘણી વાર સળગી ઊઠે તેવા વાયુ નીકળી આવે છે. એકવાર દીવાની બત્તીની જ્યોતથી તે સળગે કે પછી તરત જ તેનો અગ્નિ ચારેમેર એકદમ ઝડપથી ધડાકા સાથે સળગી ઊઠે છે અને તેથી ખાણનાં છાપરાં પણ તૂટી પડે છે. તે

આકૃતિ ૧૫૪.



વખતે ખુલ્લા દીવાને લીધે આવા અકસ્માતો ઘણા પ્રમાણમાં થતા અને દર વર્ષે ઘણા જ જાનમાલનું નુકસાન થતું. આ કારણથી ખાણમાં સલામતી રાખે તેવા દીવાની શોધ કરવાનું કાર્ય રૉયલ ઇન્સ્ટીટ્યુશનના કેમિસ્ટ્રી (રસાયણશાસ્ત્ર)ના પ્રોફેસર સર હમ્ફ્રી ડેવીને સોંપવામાં આવ્યું, અને તે તેણે બહુ જ સફળતાથી પાર ઉતાર્યું. તેણે જે દીવાની શોધ કરી છે તેનું નામ ડેવીનો અભય દીવો (Davy's safety lamp) રાખવામાં આવ્યું છે. એ દીવો સાધારણ દીવાના જેવો જ છે, પરંતુ ફેર માત્ર એટલો જ કે એની ફરતે ધાતુની જાળી વીંટાળેલી હોય છે (આકૃતિ ૧૫૪).

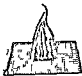
એ જાળી વડે જલદ વાયુને સળગી જતાં કેવી રીતે અટકાવી શકાય છે તે નીચે દર્શાવેલા બે પ્રયોગોથી ચોક્કસ સમજાશે.

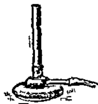
પ્રયોગઃ—આકૃતિ (૧૫૫ '૧') માં બર્નરમાંથી નીકળતા ગૅસને જાળીમાંથી પસાર થઈ ઉપર નીકળવા દો. એ જાળીની ઉપર દીવાસળી સળગાવીને ધરો. વાયુની સળગતી જ્યોત જાળીની ઉપર જ બળતી રહે છે. પરંતુ એ જ્યોત લાંબા વખત સુધી જાળીની નીચે આવતી નથી.

હવે આકૃતિ (૧૫૫ '૨') પ્રમાણે પ્રથમ એ જાળીની નીચે દીવાસળી ધરી ગૅસને સળગાવી દો. સળગેલા ગૅસની જ્યોત જાળીની નીચે જ ઘણો વખત બળતી રહે છે અને જાળીની ઉપર વધી શકતી નથી.

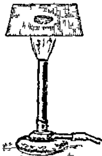
હવે આકૃતિ (૧૫૫ '૨')માં બતાવ્યા મુજબ જ્યોતને સળગાવીને તેના ઉપલા ભાગ ઉપર સળગેલી દીવાસળી ધરશો તો જાળીની ઉપર નીકળતો, અને પ્રમાણમાં ચડો વાયુ આકૃતિ (૧૫૫ '૩') મા બતાવ્યા મુજબ સળગી જશે.

(૧) આકૃતિ ૧૫૫.

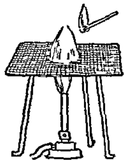




(૨)



(૩)



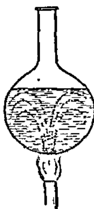
ઉપલા પ્રયોગમાં જાળી ધાતુની હોવાથી ઘણી જલદ ઉષ્ણતા-વાહક છે. એ જાળીની ઉપર અથવા નીચે સળગેલા ગૅસની ઉષ્ણતા એકથી બીજી બાજુએ જાય અને તે બાજુના ગૅસને સળગાવે તે પહેલાં ધાતુની જાળી તે ઉષ્ણતાને વહન કરી લે છે. બર્નરની જ્યોત ઘણી ગરમ હોય છે. પરંતુ તેની ઉષ્ણતા જાળીમાં જ પ્રસરી જાય છે એટલે એ જ્યોતની બીજી બાજુના ગૅસને સળગાવવા માટે જોઈતી ગરમી મળી શકતી નથી. પ્રયોગ ચાલુ હોય ત્યારે આકૃતિ (૧૫૫ '૨') માં જાળીની ઉપર સળગેલી દીવાસળી લગાવીએ, તો ત્યાંનો બન્ને બાજુનો ગૅસ સળગવાથી બન્ને જ્યોત આકૃતિ (૧૫૫ '૩') માં બતાવ્યા મુજબ આખી બનશે.

ધારો કે ડેવીના દીવામાં ખાણનો જલદ વાયુ દાખલ થયો છે. એટલો વાયુ દીવાની અંદર સળગી જશે, પરંતુ તેના બળવાથી પેદા થયેલી ઉષ્ણતા જાળીમાં વહન થઈને પ્રસરી જાય છે અને તેથી

એ ઉષ્ણુતા બહાર જતી નથી એટલે બહારનો વાયુ સળગી ઊઠે તેટલો ઉષ્ણુ થતો નથી. જેટલો વાયુ અંદર દાખલ થાય તેટલો જ વારંવાર બળી જાય છે. દીવો ઝડપથી ફટફટ અવાજ કરી બળવા લાગે તો તરત એમ માલૂમ પડે છે કે ખાણુની અંદર જલદ વાયુ પ્રસરેલો છે. દીવો ઘણો તપી જાય તે પહેલાં તેના આ પ્રકારના બળવાના અવાજથી મળેલી સૂચનાને ધ્યાનમાં લઈ બધાં માણસો બહાર દોડી જાય છે. આમ દીવો ખાણુને રક્ષણુ આપે છે એટલું જ નહિ પરંતુ જલદ વાયુનું અસ્તિત્ત્વ પણુ બતાવી આપે છે.

૫. ઉષ્ણુતાનયન (Convection). પ્રવાહીની ઉષ્ણુતાવહનશક્તિ ઓછી છે, પરંતુ કેટલીક પરિસ્થિતિમાં તેમાંથી ઉષ્ણુતાનું નિર્ગમન એકદમ જલદી થઈ શકે છે. આપણે પાણીનાં એક વાસણુમાં પાણીની સપાટીને ગમે તેટલી ગરમ કરીશું તો તેથી નીચેનું પાણી ગરમ થશે નહિ; પરંતુ જો એ જ વાસણુને નીચેથી ગરમ કરીએ તો માલૂમ પડશે કે થોડા વખતમાં બધું પાણી ગરમ થઈ જાય છે. એનું કારણુ નીચેના સાદા પ્રયોગ વડે સમજાશે.

આકૃતિ ૧૫૬.



પ્રયોગ:—એક કાચની બરણીમાં પાણી રેડી એના તળિયામાં સંભાળથી પોટાશિયમ પરમેંગેનેટના થોડા સ્ફટિક (crystals) નાંખો (આકૃતિ ૧૫૬). હવે એ પાણીને તળિયામાંથી ગરમ કરીશું તો માલૂમ પડશે કે પોટાશિયમ પરમેંગેનેટ પાણીમાં ઓગળીને એના રંગવાળી રેષાઓ આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ દેખાવા લાગશે. એ બતાવે છે કે ગરમ થયેલું પાણી એ રેષાવાળા માર્ગે ઉપર જાય છે અને ગોળાની બાજુએ થઈને ઠંડું પાણી નીચે આવે છે. લાંબો વખત આમ પાણી ઉકાળ્યા કરીશું તો ગરમ થયેલા પાણીનો પ્રવાહ મધ્યમાંથી ઊંચે ચઢશે અને ઉપરના ઠંડા પાણીનો પ્રવાહ બાજુથી નીચે ઊતરતો માલૂમ પડશે.

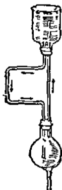
આનું કારણ એ છે કે પાણી ગરમ થવાથી તેનું કદ વિસ્તૃત થાય છે અને તેથી એની ઘનતા ઓછી થાય છે. આથી ગરમ પાણી ઊંચે ચઢે છે અને એની જગ્યાએ ઠંડું અને ભારે પાણી નીચે ઊતરે છે.

ગરમ થયેલા પદાર્થના અણુઓ એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ જાતે જ મુસાફરી કરીને ઉષ્ણતા લઈ જાય તે પ્રકારના ઉષ્ણતાના નિર્ગમનને ઉષ્ણતાનયન (convection) કહેવામાં આવે છે.

પ્રવાહી અને વાયુમાં આ પ્રકારે ઉષ્ણતાનયન થાય છે. ઘન વસ્તુમાં ઉષ્ણતાનયન થતું નથી.

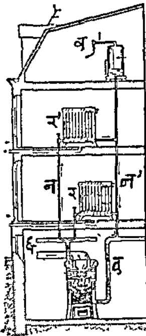
પ્રયોગ:—આકૃતિ (૧૫૭) માં બતાવ્યા પ્રમાણે પાણીથી ભરેલા કાચના ગોળામાં બે નળીઓ રાખો. એ બન્ને નળીના બીજા છેડાને પાણીથી ભરેલી ઉપરની બરણીમાં દાખલ કરો અને ત્યાર પછી કાચના ગોળાને નીચેથી ગરમ કરો. પાણી હલકું બનવાથી એક નળી વાટે તીરથી બતાવ્યા પ્રમાણે ઊંચે ચઢે છે અને ઉપરની બરણીમાં ઠંડું થયેલું પાણી બીજી નળીવાટે પાછું ગોળામાં આવે છે. આમ પાણીનો ઉષ્ણતાનયન પ્રવાહ ચાલુ થાય છે.

આકૃતિ ૧૫૭.



ઉષ્ણતાનયનને લીધે ઉત્પન્ન થતા પાણીના પ્રવાહનો ઉપયોગ શીત દેશોમાં ઓરડા ગરમ કરવામાં થાય છે. આકૃતિ (૧૫૮) માં એવી જાતના ઓરડા ગરમ કરવાની રચના બતાવવામાં આવી છે. નીચે ઊકળતા પાણીનો બંબો (boiler) રાખ્યો છે. તેમાંથી ગરમ થયેલું હલકું પાણી ન નળી વાટે ર અને ર' આગળ ઓરડાને ફરતે

આકૃતિ ૧૫૮.

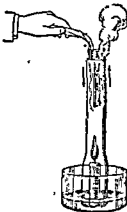


નળીનાં ગૂંછળાં રાખેલાં છે તેમાં જાય છે અને ઓરડાને ગરમ કરે છે. એ પાણી ઠંડું થઈને ન' વાટે પાછું દ નળીમાં થઈને બંબામાં દાખલ થાય છે. જો પાણી ગરમ થવાથી વધુ વિસ્તૃત થાય તો ઘરના માળ ઉપર રાખેલા વાલ્વ વ દ્વારા વધારાનું પાણી બહાર નીકળી જાય છે. ધુમાડિયાં ધ વાટે ગરમ થયેલી હવા અને ધુમાડો બહાર નીકળી જાય છે.

નીચેના પ્રયોગ વડે પણ હવાના ઉષ્ણતાનયન પ્રવાહની ખાતરી થાય છે.

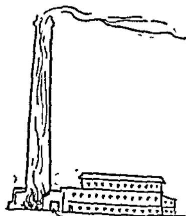
પ્રયોગ:—એક વાસણમાં મીણબત્તી ઊભી રાખો. થોડું પાણી રેડી એ મીણબત્તીની ફરતે એક ઊંચી કાચની ચીમની ઊભી રાખો (આકૃતિ ૧૫૯). મીણબત્તીને એમ ને એમ સળગાવશો તો એ થોડીવાર સળગીને હોલવાઈ જશે, પરંતુ ચીમનીની ટોચને બે ભાગમાં વહેંચે તેવું એક કાગળનું પૂંઠું રાખશો તો મીણબત્તી બળવા લાગશે. એકાદ ધુમાતું બ્રાઉન પેપર અથવા લાકડું એક બાજુ રાખશો તો ધુમાડો હવાના ઉષ્ણતાનયનનો પ્રવાહ બતાવશે. પૂંઠાંની એક બાજુના ભાગમાંથી ઠંડી હવા નીચે ઊતરશે અને બીજી બાજુના ભાગમાંથી ગરમ હવા ઊંચે ચઢશે. વચ્ચે પૂંઠું મૂકવાથી હવાને જવાઆવવાને બે જુદા માર્ગ મળે છે. જો પૂં

આકૃતિ ૧૫૯.



કાઢી લઈએ તો તરત જ એકસામટી ગરમ હવા ઊંચે જવા પ્રયત્ન કરે છે અને ઠંડી હવા નીચે આવવાનો પ્રયત્ન કરવાથી તેનો માર્ગ રોકે છે. આ પ્રમાણે હવાનો પ્રવાહ બંધ થઈ જાય છે અને મીણબત્તી બુઝાઈ જાય છે.

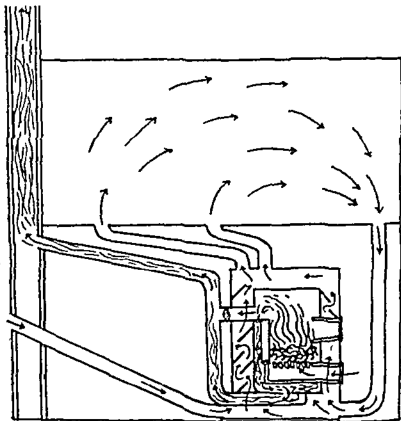
આકૃતિ ૧૬૦–અ.



ધુમાડિયાંમાં ઉષ્ણુતાનયનનો ચઢતો પ્રવાહ

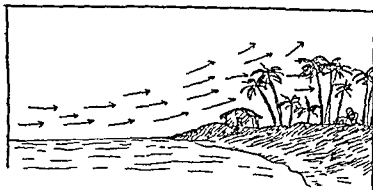
ઉપરના પ્રયોગનો ઉપયોગ ગરમ હવાના ઉષ્ણુતાનયનના પ્રવાહ વડે ઓરડાઓ ગરમ કરવામાં પણ થાય છે. આકૃતિ (૧૬૦–ત્ર) માં એક પ્રકારની રચના બતાવવામાં આવી છે. નીચેની ભઠ્ઠીમાં તળિયામાંથી હવાનો પ્રવાહ દાખલ થાય છે. એ હવાના ભઠ્ઠીમાં બળવાથી ઉત્પન્ન થયેલો ધુમાડો ડાબી બાજુના ધુમાડિયામાં થઈને ઊંચે ચઢી બહાર નીકળે છે. ભઠ્ઠીની ઉપલા ભાગમાંની હવા તેના તાપથી ગરમ થઈ ઘરના ઓરડામાં તીરથી દર્શાવ્યા પ્રમાણે વહે છે અને ઓરડાને ગરમ રાખે છે. એ ઓરડામાં ઠંડી પડેલી હવા નીચે ઊતરી ભઠ્ઠીની ફરતે ફરીને ગરમ થઈને પાછી ઊંચે ચઢે છે અને ઓરડામાં દાખલ થાય છે. આમ ઉષ્ણુતાનયનના હવાના પ્રવાહ ચાલુ રહેવાથી ઓરડો હમેશાં ગરમ રહે છે. આકૃતિ (૧૬૦–અ) માં મીલના બોઈલરની ભઠ્ઠીમાંથી નીકળતી ગરમ હવા અને ધુમાડો ઉષ્ણુતાનયન પ્રવાહદ્વારા ઊંચે ચઢે છે તે બતાવ્યું છે.

આકૃતિ ૧૬૦—ચ.



૬. સમુદ્ર અને જમીનલહરી. જુદેજુદે સ્થળે પૃથ્વીની સપાટી એકસરખી ગરમ ન થતી હોવાને લીધે વાતાવરણમાં ઉષ્ણુતાનયન (convection) ના પ્રવાહો ઉત્પન્ન થાય છે. મોટા સમુદ્ર પાસે ઉત્પન્ન થતી રાતદિવસની પવનની લહરીઓનું કારણ પણ એ જ છે. દિવસે જમીનની સપાટી પાણીની સપાટી કરતાં વધુ ગરમ થઈ જાય છે; કારણ કે પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા જમીનના કરતાં વધુ છે. આથી જમીનની હવા વિસ્તૃત થઈ ઊંચે

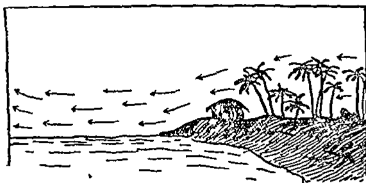
આકૃતિ ૧૬૧.



પવનની સમુદ્રલહરી

ચઢે છે અને પ્રમાણમાં સમુદ્રની હલકી હવા તેની જગ્યાએ દોડી આવે છે (આકૃતિ ૧૬૧) આ પ્રવાહો સાંઝના સૌથી વિશેષ પ્રમાણમાં ચાલુ થાય છે. રાતે પાણી કરતા જમીન જલદી ઠંડી થઈ જાય છે, એટલે જમીનલહરી ઉત્પન્ન થાય છે (આકૃતિ ૧૬૨).

આકૃતિ ૧૬૨.



પવનની જમીનલહરી

આ પ્રવાહની અસર સમુદ્રથી પચ્ચીસત્રીસ માઈલથી વધુ દૂર માલૂમ પડતી નથી.

સમુદ્રની સપાટી અસમાન રીતે ગરમ થવાને લીધે અને હવાના પ્રવાહને લીધે સમુદ્રમાં પાણીના પ્રવાહો પણ ઉત્પન્ન થાય છે. મોટા સમુદ્રની સપાટીના ટેમ્પરેચરના ફેરફારો અને પવનના પ્રવાહો ધ્યાનમાં લઈને એ પ્રવાહોની દિશા નિશ્ચિત થઈ શકે છે.

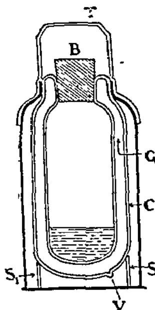
૭. ઉષ્ણુતાગમન (Radiation). ઉષ્ણુતાનિર્ગમન કેટલીક વાર એવી રીતે થાય છે કે તેનું કારણ ઉષ્ણુતાવહન (conduction) અને ઉષ્ણુતાનયન (convection) એમાંથી એક પણ નથી હોતું. એક બળતી સગડીની નજીક બેઠેલા હોઈએ ત્યારે જે ગરમી આપણને લાગે છે તે ઉષ્ણુતાનયન (convection) વડે આવી શકે નહિ; કારણ કે ગરમ વાયુ સગડીમાંથી ઊંચે ચઢે છે. એથી ઊલટું આપણે બેઠેલા હોઈએ ત્યાંથી સગડી તરફ હવાનો ઠંડો પ્રવાહ જાય છે અને નહિ કે સગડીથી આપણા તરફ. વાયુમાં ઉષ્ણુતાવહન (conduction) એટલું ઓછું થાય છે કે તે વડે સહેજસાજ ગરમી આવી હોય તે પાછી ઉષ્ણુતાનયનથી (જે ઠંડો પવન સગડી તરફ ધસે છે તેનાથી) જરૂર ઓછી થઈ જાય છે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે ગરમીના નિર્ગમન (transfer) નો બીજો પણ એક પ્રકાર હોવો જોઈએ.

સૂર્યમાંથી પૃથ્વીને પહોંચતી ઉષ્ણુતા એ પ્રકારની ખાતરી આપે છે. ઉષ્ણુતાવહન અને ઉષ્ણુતાનયન (conduction and convection) માટે હમેશાં કોઈ પણ દ્રવ્ય આવશ્યક છે. સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે પૃથ્વીનાં થોડાં વાતાવરણ સિવાય ખાસ બીજું કોઈ દ્રવ્ય નથી, છતાં આપણને ઉષ્ણુતા મળે છે. આનો અર્થ એ છે કે દ્રવ્યના અભાવમાં પણ ઉષ્ણુતાનો સંચાર થાય છે.

આને ઉષ્ણુતાગમન (radiation) કહેવામાં આવે છે. ઉષ્ણુતાગમન એક જાતનાં પ્રકાશનાં મોજાં વડે થાય છે. પ્રકાશના રંગપટ (spectrum) ની અંદર એક બાજુ રાતો પ્રકાશ અને બીજી બાજુ જાંબલી પ્રકાશ હોય છે. રંગપટના રાતાં કિરણોવાળા છેડા તરફ ઉષ્ણુતાના પ્રકાશનાં કિરણો હોય છે, પરંતુ તે અદૃશ્ય હોય છે. એ કિરણોને અધોરક્ત કિરણો (infra-red rays) કહેવામાં આવે છે. વળી એ કિરણોની ખાસ ખૂબી એ હોય છે કે જે માર્ગમાંથી એ પ્રકાશ પસાર થાય છે તે માર્ગમાં આવતાં પારદર્શક દ્રવ્યનાં ટેમ્પરેચરમાં તે ખાસ વધારો કરતાં નથી. આ કારણુને લીધે વાતાવરણુમાંથી એ કિરણો પસાર થાય છે છતાં તે તેને ગરમ કરતાં નથી, એટલે જેમ આપણે ઊંચે સૂર્ય તરફ જઈએ તેમ હવામાન વધુ ઠંડું બને છે. ઉષ્ણુતાવહન અને ઉષ્ણુતાનયન માટે કોઈ પણુ દ્રવ્યના માધ્યમ (medium) ની અવશ્ય જરૂરિયાત પડે છે; જ્યારે ઉષ્ણુતાગમન આકાશમાંથી દ્રવ્ય વિના પ્રકાશનાં કિરણુરૂપે પ્રસરે છે. ઉષ્ણુતાવહન અને ઉષ્ણુતાનયનમાં દ્રવ્યના અણુ ગરમ થઈ જાય છે. ઉષ્ણુતાગમનમાં વચ્ચેનું માધ્યમ ગરમ થતું નથી.

૮. **થર્મોસ શીશી (Thermos Flask).** આકૃતિ (૧૬૩)-માં થર્મોસ શીશી બતાવી છે એની અંદર ગરમ વસ્તુ ગરમ, અને ઠંડી વસ્તુ ઠંડી રહે છે. એ શીશીની બહારનું કવર ધાતુનું હોય છે અને અંદરના ભાગમાં એક કાચની બે દીવાલવાળી બરણી C હોય છે. એ દીવાલોની વચ્ચમાંથી હવા શોષી લઈને બને તેટલું શૂન્યાવકાશ બનાવવામાં આવે છે. વળી અંદરની દીવાલના અંદરના ભાગને અને બહારની દીવાલના બહારના ભાગને ચળકતો ઢોળ ચઢાવેલો હોય છે. કાચની બે દીવાલની વચ્ચેના G વડે બતાવેલા ભાગમાંથી હવા કાઢી લીધેલી હોવાથી ઉષ્ણુતાનયન કે

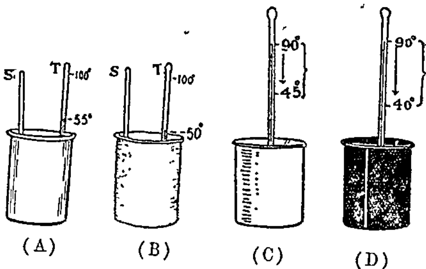
આકૃતિ ૧૬૩.



ઉષ્ણુતાવહન થઈ શકતું નથી. વળી દીવાલને રૂપાના ઢોળથી પૉલીશ કરેલી હોવાથી ઉષ્ણુતાનાં કિરણોનું પરાવર્તન (reflection) થાય છે, અને તેથી ઉષ્ણુતાગમન ઓછું થાય છે. શીશી અને ધાતુનાં ઢાંકણુની વચ્ચે પણ બૂચ જેવા મંદવાહક ટુકડાઓ (S, S_1) રાખેલા હોવાથી ધાતુની ગરમી પણ અંદરની શીશીની ઉપર અસર કરતી નથી. આમ થર્મોસ શીશીમાં ઉષ્ણુતાવહન, ઉષ્ણુતાનયન અને ઉષ્ણુતાગમન બને તેટલાં ઓછાં થવાથી ગરમ વસ્તુને અંદર રાખી હોય તો તે ગરમ જ રહે છે અને ઠંડી વસ્તુ ઠંડી જ રહે છે. ખરણીનું મેં પણ લાકડાના બૂચ B વડે બંધ કરવામાં આવે છે અને તેની ઉપર ધાતુનું ઢાંકણુ T છે. એની અંદર ગરમ વસ્તુ લગભગ ચોવીસ કલાક ગરમ રહી શકે છે.

૯. ઉષ્ણુતાગમનનું શોષણ (**Absorption**), પરાવર્તન **Reflection**), અને ઉત્સરણ (**Emission**). પ્રયોગ:—(૧) બે તાંબાના એકસરખા આકાર, વજન અને કદના કૅલોરિમિટર A અને B લો (આકૃતિ ૧૬૪). A ની બહારની સપાટીને પૉલિશ કરીને ખૂબ ચકચકતી બનાવો અને B ની સપાટીને ખરબચડી રાખો. ઊકળતાં પાણીની કિટલમાંથી બન્નેમાં એકસરખાં કદનું પાણી નાંખો અને બન્નેમાં અકેક થર્મોમિટર (T) રાખો. શરુઆતનું બન્નેનું ટેમ્પરેચર (૯૦° સે.) સરખું છે તેની નોંધ કરો. હવે બન્નેને એક મોટા લાકડાંના ખુલ્લા ખોખામાં આશરે ૨૦ મિનિટ રહેવા

આકૃતિ ૧૬૪.



દો. ત્યાર પછી બન્નેનું ટેમ્પરેચર માપો. પોલિશવાળાં વાસણ A માં થર્મોમિટર જો ૫૫° સે. એ ઊતર્યું હોય તો B માં તે આશરે ૫૦° સે. જેટલે ઊતરી આવશે.

આ ઉપરથી સમજાય છે કે પોલિશવાળા પ્યાલામાંથી ઉષ્ણતા બહુ ઝડપથી જતી રહેતી નથી, પરંતુ ખરબચડી સપાટીવાળામાંથી પ્રમાણમાં જલદી ઉષ્ણતાગમન થાય છે.

(૨):—હવે બન્ને વાસણોમાં બરફથી ખૂબ ઠંડું કરેલું (૫° સે. નું) એક સરખા કદનું અને એક સરખા ટેમ્પરેચરનું પાણી A અને B માં નાંખો. રીથી પ્યાલાને લાકડાના ખુલ્લા ખોખાંમાં મૂકો કે જેથી પવન લાગીને ઉષ્ણતાનયન ન થાય. વીસ મિનિટ પછી બન્નેનાં ટેમ્પરેચર જુઓ. A નું જો ૨૦° સે. હોય તો, B નું આશરે ૨૨° સે. હશે.

આ ઉપરથી સમજાય છે કે ચકચકતી સપાટી વાળુ વાસણ બહારની ગરમીને ઓછાં પ્રમાણમાં સ્વીકારે છે અને તેથી તે બહારથી ઉષ્ણતાગમનદ્વારા

મળતી ઉષ્ણતાનું B વાસણ કરતાં વધુ પરાવર્તન કરે છે. B વધુ પ્રમાણમાં ઉષ્ણતાને શોષે છે અને ઓછી ઉષ્ણતાનું પરાવર્તન કરે છે.

(૩) આકૃતિ (૧૬૪) માં બતાવ્યા મુજબ આકાર, કદ અને વજનમાં સરખા કેલોરીમિટર (પ્યાલા) C અને D લો. એકને બહારથી સફેદ રંગે રંગો અને બીજાને બહારથી કાળા રંગે રંગો. રંગોનો થર બહુ જાડો હોવો ન જોઈએ. હવે બન્નેને લાકડાનાં ખોખામાં મૂકી સરખા કદનું ઊકળતું પાણી નાંખો ત્યાર પછી તેમાં થર્મોમિટર મૂકી ટેમ્પરેચર (૯૦° સે. આશરે) ની નોંધ કરો. વીસ મિનિટ પછી ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો; C નુ આશરે ૪૫° સે. થશે, તો D નુ ૪૦° થશે. C ઓછી ઉષ્ણતા બહાર મોકલે છે, D વધુ મોકલે છે.

(૪) ઉપરનો પ્રયોગ (૨) આ વાસણોદ્વારા ફરીથી કરો. C ઓછું ગરમ થશે, D વધુ ગરમ થશે.

ઉપરના ચાર પ્રયોગોમાંથી નીચેની બાબતો સ્પષ્ટ થાય છે. (૧) પોલિશવાળી સપાટીમાંથી ઓછું ઉષ્ણતાગમન થાય છે અને ખરબચડીમાંથી વધુ થાય છે. (૨) પોલિશવાળી વસ્તુ, ખરબચડી વસ્તુ કરતાં ઉષ્ણતાગમનદ્વારા મળતી ગરમીનું પ્રમાણમાં ઓછું શોષણ કરે છે અને વધુ પ્રમાણમાં પરાવર્તન કરે છે. (૩) સફેદ વસ્તુમાંથી ઓછું ઉષ્ણતાગમન થાય છે અને કાળીમાંથી વધુ થાય છે. (૪) સફેદ વસ્તુ કાળી કરતાં ઓછું શોષણ કરે છે; અને સફેદ વસ્તુ ઉષ્ણતાગમન દ્વારા મળતી ગરમીનું કાળી વસ્તુ કરતાં વધુ પરાવર્તન કરે છે.

ઉપરના ચાર સામાન્ય નિયમોનો વ્યવહારમાં ઘણો ઉપયોગ થાય છે.

ઉપરનાં કારણોથી ગરમીના દિવસોમાં કાળી છત્રી કરતાં સફેદ છત્રી વધુ ઇચ્છવાલાયક છે. કાળાં વસ્ત્રો હોય તો ગરમીનાં

કિરણો વધુ પ્રમાણમાં શોષે છે અને તેથી આપણને વધુ તાપ લાગે છે, એટલે ઉનાળામાં સફેદ કપડાં પહેરવાં બહુ ફાયદાકારક છે. કાળી ચામડીવાળાં પ્રાણીને તાપ વિશેષ લાગે છે અને તેથી હંમેશાં તે તાપમાં ઠંડાં પાણીમાં પડી રહેવાનું વિશેષ પસંદ કરે છે. ખાસ કરીને ભેંસ, ડુક્કર વગેરેને કાદવમાં પડી રહેવાનું વિશેષ પસંદ હોય છે, તેનું કારણ એ છે કે કાદવ સુકાઈ જવાથી શરીર ઉપર માટીનો જે થર બાઝે છે તેમાંથી (માટી ઘણી મંદ ઉષ્ણતાવાહક હોવાથી) બહારની ગરમીને શરીરના અંદરના ભાગને પહોંચતાં વાર લાગે છે. કાદવમાં રહેલા ભેજને સુકાતાં પણ ઘણો સમય લાગે છે, એટલે તેનાથી પણ ઠંડક રહે છે.

સાર

૧. ઉષ્ણતાનિર્ગમનના ત્રણ પ્રકાર છે:—(૧) ઉષ્ણતાવહન (conduction); (૨) ઉષ્ણતાનયન (convection) અને (૩) ઉષ્ણતાગમન (radiation).

૨. ઉષ્ણતાવહન મુખ્યત્વે ઘન વસ્તુમાં થાય છે. પ્રવાહી અને વાયુમાં ઓછું થાય છે. જે અણુ ગરમ થાય તે તેની ગરમી બાજુના અણુને આપે છે અને તે અણુ તેની નજીકના અણુને આપે છે. પદાર્થના અણુ પોતાની જગ્યાથી ખસી જતા નથી અને ઉષ્ણતા માત્ર એકબીજા અણુની સાથે આપલે થવાથી આગળ વધે છે.

૩. ઉષ્ણતાનયન ઘન વસ્તુમાં નથી થતું, પરંતુ પ્રવાહી અને વાયુમાં થાય છે. એ પ્રકારમાં, પદાર્થના ગરમ થતા અણુ ગતિમાં આવે છે અને સાથે ઉષ્ણતાને એકથી બીજે સ્થળે પહોંચાડે છે. એ અણુની જગ્યાએ બીજા ઠંડા અણુ આવે છે અને ગરમ થતાં દૂર ચાલી જાય છે. પાણી ઊકળે ત્યારે અને હવા ગરમ થાય ત્યારે ઉષ્ણતાનયનના પ્રવાહો ઉત્પન્ન થાય છે. આ ઘટનાનો ઉપયોગ ગરમ પાણી વડે અથવા ગરમ હવા વડે શીત પ્રદેશોમાં

ઘરના ઓરડાને ગરમ રાખવામાં થાય છે. ગરમ કરેલી હવા અગર પાણી આપમેળે ઉંચે ચઢે છે અને ગરમી પહોંચાડે છે, અને ઠંડું થયેલું પાણી બંબામાં નીચે ઊતરે છે. દિનરાતના હવામાનનાં ટેમ્પરેચરના ફેરફારને લીધે સમુદ્ર અને જમીન ઉપર પણ ઉષ્ણતાનયનના પ્રવાહો ઉત્પન્ન થાય છે.

૪. ઉષ્ણતાગમન પારદર્શક માધ્યમમાંથી અથવા વિના માધ્યમે પણ થાય છે. પ્રકાશના રક્ત અને અધોરક્ત કિરણ વડે ઉષ્ણતાગમન થાય છે. વચ્ચેના પારદર્શક માધ્યમને એ કિરણો ગરમ કરતાં નથી. ઉષ્ણતાગમનને લીધે શૂન્યાવકાશમાં ગરમ ચીજ રાખી હોય તે પણ ઠંડી થઈ જાય છે. સૂર્યમાંથી મળતી ગરમી ઉષ્ણતાગમન વડે આપણને મળે છે.

૫. થર્મોસ શીશીમાં ઉષ્ણતાવહન અને ઉષ્ણતાનયન બને તેટલું અટકાવવામા આવે છે, કારણ કે એ શીશીમાં દીવાલ બેવડી હોય છે અને તેમાંથી હવા શોષી લીધેલી હોય છે ઉષ્ણતાગમન અટકાવવા માટે બહારની અને અંદરની દીવાલને ચકચકિત બનાવવામાં આવે છે એટલે ઉષ્ણતાગમનનાં મોજાંનું પરાવર્તન થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) ઉષ્ણતાવહન, ઉષ્ણતાનયન અને ઉષ્ણતાગમન વચ્ચેનો ભેદ દાખલા આપી સમજાવો.

(૨) ઉષ્ણતાનયનનો ઉપયોગ કેમ થાય છે તે એક સાદો પ્રયોગ આથી દર્શાવો.

(૩) સમુદ્ર અને જમીન લહરી ઉત્પન્ન થવાનાં કારણો આપો.

(૪) થર્મોસ શીશીની રચના અને કાર્ય સમજાવો.

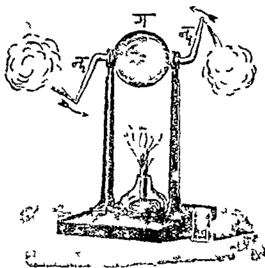
(૫) તાપમાં સફેદ કપડાં સારાં કે કાળાં તે કારણ આપી સમજાવો.

પ્રકરણ ૧૭

સ્ટીમ અને પેટ્રોલ ઍંજિનો

૧. ત્રણસો વર્ષ ઉપર ઇંગ્લૅન્ડમા અને સ્કૉટલૅન્ડમા કોલસાની ખાણોમાથી મજૂરો જાતે ભાર ઊચકીને કોલસા ખોદી કાઢતા હતા. ત્યાર પછી ઘોડા જોડીને ગરગડી વગેરેના ઉપયોગથી વધુ ભારે ખેંચી કાઢવામા આવતો આમ છતા કોલસાની ખાણમાથી કોલસો કાઢવા માણસોની મજૂરી પુરતી થતી નહિ, એટલે માણસની જગ્યાએ કોઈ એવા યત્રની જરૂરિયાત પડી કે જે વડે માણસ કરે તેનાથી વિશેષ ઝડપથી કાર્ય થઈ શકે. જો આવું યત્ર તૈયાર ન થાય

આકૃતિ ૧૬૫



તો ખાણોને વધુ ઊંડી ખોદી શકાય નહિ અને કોલસાનો જથ્થો ખૂટી પડે એવું માલૂમ પડ્યુ. એટલામા વરાળયત્ર (steam-engine)

ની શોધ થઈ અને ધીમેધીમે તેમાં એટલો સુધારો થતો ગયો કે તેથી બધાંને વિશ્વાસ ઉત્પન્ન થયો કે એ યંત્ર વખત જતાં ધારેલું કાર્ય પાર પાડશે.

૨. સાદું વરાળયંત્ર (Simple Steam Engine). આકૃતિ (૧૬૫) માં એક ન$_૧$ અને ન$_૨$ નળીવાળો કાચનો ગોળો ગ બતાવ્યો છે. એમાં થોડું પાણી રાખી ઉકાળવામા આવે તો વરાળ ન$_૧$ અને ન$_૨$ નળીવાટે જોરથી બહાર નીકળે છે અને નળીને પ્રત્યાઘાત (reaction) કરે છે. આ પ્રત્યાઘાતને લીધે એ ગોળો ચક્રાકાર ફરવા લાગે છે. વરાળના બળની ખાતરી કરી આપતા આ પ્રયોગ વડે વરાળનો યંત્રમાં કેમ ઉપયોગ કરી શકાય તેનો ખ્યાલ આવે છે.

૩. પેપિનનું વરાળયંત્ર. સૌથી પહેલું વરાળયંત્ર ફ્રાન્સના પેપિન નામના શોધકે તૈયાર કર્યું હતુ. તેણે એક નળીની અંદર સુસ્ત બેસે તેવો પિસ્ટન રાખ્યો. નળીના તળિયામાં થોડુ પાણી રેડી તેને ખૂબ ગરમ કરી એટલે પિસ્ટન ઊંચે ચઢ્યો. નળીની નીચેનો તાપ દૂર કર્યો એટલે નળીની વરાળ ઠંડી પડી અને તેનુ પાણી થયું આથી પિસ્ટનની નીચે શૂન્યાવકાશ (vacuum) થયુ અને ઉપરની હવાના દબાણથી પિસ્ટન પાછો નીચે ઊતર્યો. વળી તાપ લગાડવાથી વરાળના બળે પિસ્ટન ઊંચે ચઢ્યો. અને નળીને ઠંડી પાડવાથી તે પાછો નીચે ઊતર્યો. પિસ્ટનની ઉપર ભારે વજન મૂકયું તે પણ તેની સાથે ઊંચેનીચે જવા લાગ્યું. આ યંત્ર વડે મોટું વજન ઉપાડી શકાતુ હતું, પરંતુ તેને એક વેળા ઊંચકવામાં ઘણો સમય લાગતો; કારણ કે ઠંડું પડેલું પાણી ગરમ થઈને વરાળ બને ત્યારે પિસ્ટન ઊંચો ચઢતો અને ત્યારે

કાઢી શકાય એવી તેની રચના કરી. વરાળયંત્રના પિસ્ટનને એક દોરડું બાંધી એક ગરગડી ઉપરથી પસાર કરી તેને એક પાણીના પંપનો પિસ્ટન બાંધવામાં આવ્યો. આથી પંપનો પિસ્ટન વરાળનાં બળથી ચાલતા પિસ્ટન વડે ઊંચો-નીચો થતો. આ યંત્રના એક ફટકા (stroke) વડે ૫૦ ગેલન પાણી ૫૦ યાર્ડ ઊંચે ચઢી શકતું આ યંત્રમાં વરાળને ઠંડી પાડવા માટે દર વખતે યંત્ર ઉપર ઠંડું પાણી રેડવામાં આવતું. એક દિવસ આમ યંત્ર ચાલુ હતું, ત્યારે એકાએક તેની ઝડપ વધી ગઈ અને ઘણા લાંબા વખત સુધી ઝડપથી તેણે કામ આપ્યું. તેનું કારણ એવું જણાયું કે યંત્ર ઉપર ઠંડું પાણી છાંટવામાં આવતું તેમાંથી દર વખતે થોડું પાણી પિસ્ટનમાં પડેલાં એક બારીક કાણા વાટે વરાળ આવે તે નળીમાં દાખલ થતું અને તેથી વરાળ ઝટ ઠંડી પડી જતી આ બનાવનો ઉપયોગ ન્યુકોમેને નવીન જાતનું યત્ર રચવામાં કર્યો. એ યંત્રના પિસ્ટનની નળીમાં વરાળ અને ઠંડું પાણી વારાફરતી બે ચકલીને ઉઘાડઢાંક કરી દાખલ કરવામાં આવતાં. હમ્ફ્રી પોટર નામના એક છોકરાને એ ચકલી ઉઘાડઢાંક કરવાનું કાર્ય સોંપ્યું હતું. તેણે એ કાર્ય આપમેળે પિસ્ટનના હલનચલનથી થઈ શકે તેવી રચના કરી. એ કાર્ય તેણે શોધ કરવાની દૃષ્ટિથી નહોતું કર્યું, પરંતુ યંત્ર ચાલે તે દરમિયાન છૂટી મળે અને કામનો વખત રમવામાં ગાળી શકાય તેટલા પૂરતું જ બુદ્ધિ દોડાવીને કર્યું હતુ ન્યુકોમેનના યંત્ર વડે કોર્નવોલની ધાતુની ખાણો બમણી ઊંડી ખોદી કઢાઈ. આમ છતાં આ યંત્ર ચલાવવામાં ખૂબ બળતણ વપરાતું હોવાથી યંત્ર બહુ ખર્ચાળ થઈ પડતું એટલામાં એક નવો શોધક પાક્યો અને તેણે આ સર્વ મુસીબતો દૂર કરી.

૪. વૉટનું યંત્ર. વૉટ લંડનમાં એક યંત્રવાળાની દુકાનમાં યંત્રકળા શીખવા રહ્યો હતો અને એક જ વર્ષમાં તેણે પોતાનો ધંધો શીખી લીધો. આમ છતાં તેણે સાત વર્ષનો અનુભવ લીધો ન હોવાથી તેને ગીલ્ડર ઑફ હૅમરમૅન નામના મંડળે પોતાના સભ્ય તરીકે સ્વીકાર્યો નહિ. આથી કાર્યનો માહિતગાર હોવા છતાં તેને નોકરી મળી શકી નહિ પરંતુ ગ્લાસગો યુનિવર્સિટીમાં તેને નોકરી મળી ગઈ અને જુદાંજુદાં યાંત્રિક સાધનો બનાવી વેચવા માટે એને

એક નાનીસરખી યંત્રશાળા સોંપવામાં આવી. એ વખતે ગ્લાસગો યુનિવર્સિટીનું ન્યુકોમેનનું એક એંજિન બગડી ગયું અને લંડનના યંત્રકારોથી તે સુધરી શક્યું નહિ; એટલે તે વોટને સોંપવામાં આવ્યું. આ યંત્રને સુધારવા પહેલાં તેણે વરાળ અને યંત્રો વિષે જે સાહિત્ય ઉપલબ્ધ હતું, તે બધાંનો અભ્યાસ કર્યો. એ અભ્યાસને પરિણામે તેણે હાલના જેવું વરાળયંત્ર રચ્યું. પાણીથી વરાળને નળીમાં ઠંડી પાડવાને બદલે જ્યારે પિસ્ટન ઊંચો થાય ત્યારે નીચેની વરાળ એક ચકલી વાટે બહાર નીકળી જઈ શકે અને પિસ્ટનના ઉપલા ભાગમાંથી દબાણવાળી વરાળ દાખલ થઈને પિસ્ટનને પાછો અસલ સ્થિતિમાં લાવે તેવી રચના કરી. આ જ જાતના એંજિનનો ઉપયોગ સ્ટિફનસને આગગાડી તૈયાર કરવામાં કર્યો હતો.

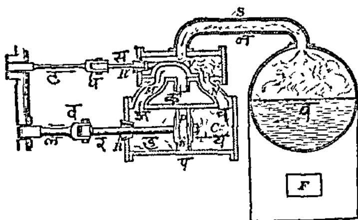
૫. સ્ટિફનસન અને આગગાડી. વરાળયંત્રને સફળતાપૂર્વક વાહન તરીકે વાપરવા માટે જગત સ્ટિફનસનનું આભારી છે. આગગાડીની શોધ થઈ તે પહેલાં ઘણો ભાર વહેવા માટે લોખંડના રસ્તા તૈયાર કરવામાં આવ્યા હતા, પરંતુ વાહકબળ માટે પ્રાણી અથવા મનુષ્યના બળનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવતો હતો. કલાકના ૧૦ માઈલની ઘોડાની ઝડપથી એકીસાથે વધુમાં વધુ પાંચ કે દશ માણસો મુસાફરી કરી શકે, પરંતુ આગગાડી વડે અનેકગણો ભાર ખેંચવાનું બની શકે છે. એટલું જ નહિ, પરંતુ આજે કલાકના ૬૦ થી ૯૦ માઈલ સુધીની ઝડપે ઘણી લાંબી મુસાફરી કરી શકાય છે. ન્યુકોમેન અને વૉટના યંત્રે વરાળનાં બળની ઝાંખી કરાવી હતી, છતાં ભાર વહેવાના અને આવવાજવાનાં વાહન તરીકે ઉપયોગ કરવાની શોધ સ્ટિફનસનને આભારી છે. કહેવાય છે કે તેને જન્મથી વરાળનાં બળની પ્રતીતિ થઈ હતી. એક વાર ચાદાનીમાં પાણી ઊકળતું હતું ત્યારે વરાળનાં બળથી એનું ઢાંકણું ઊંચુંનીચું થતું હતું તે ઉપરથી તેને તે બળને અપનાવવાનો વિચાર સ્ફૂર્યો હતો.

૧૮૨૫ માં પ્રથમ "રોકેટ" નામનું આગગાડીનું એંજિન તૈયાર થયું અને તેણે કલાકના બાર માઈલની ઝડપે મુસાફરી કરી. એ એંજિનને માટે લોખંડનો રસ્તો તૈયાર કરવામાં પાર્લામેંટની મંજૂરી મેળવવી પડી હતી અને એ મંજૂરી આપવા માટે એક સમિતિ નીમવામાં આવી હતી. સમિતિના કેટલાક સભ્યોને એમ લાગ્યું કે કલાકના બાર માઈલથી વધુ ઝડપ જોખમકારક ગણાય. સ્ટિફનસને સાદા દૃષ્ટાંત વડે સમજાવ્યું કે એક રસ્તા ઉપર જેમ ઝડપથી મુસાફરી થાય તેમ રસ્તાની ભાર ઝીલવાની શકિત વધે છે. અંતે એ સમિતિને સ્ટિફનસનની દલીલો સ્વીકારવી પડી અને આગગાડીની પ્રગતિને વેગ મળ્યો.

૬. આગગાડીનું વરાળયંત્ર. આકૃતિ (૧૬૫-અ) માં વરાળયંત્રની રચના બતાવી છે. ન નળી વાટે તીરથી બતાવ્યા મુજબ વરાળ દાખલ થાય છે. એ વરાળ ત્ર માર્ગે જે મોટાં ભૂંગળાંમાં પ પિસ્ટન સરે છે તેના ય ભાગમાં દાખલ થાય છે. એ ભાગમાં વરાળનું દબાણ વધે છે, એટલે પિસ્ટન ડાબી બાજુ તરફ આગળ વધે છે. ભૂંગળાના હ ભાગની અંદર રહેલી વરાળ અ માર્ગે V વાલ્વની નીચેથી क માર્ગમાં દાખલ થઈ બહાર ચાલી જાય છે. પિસ્ટન હ તરફ જઈ રહે છે તે દરમિયાન વાલ્વ જમણી તરફ ખસીને અ અને क માર્ગને બદલે क અને ત્ર માર્ગને જોડે છે. આથી ન માંથી આવતી વરાળ હવે અ માર્ગમાંથી સીધી હ માં દાખલ થાય છે અને પિસ્ટન ઉપર ડાબીથી જમણી બાજુ તરફ દબાણ કરે છે. આથી પિસ્ટન પાછો ય તરફ જવા લાગે છે. ય માંની વરાળ ત્ર માં થઈને क વાટે બહાર જાય છે. જેવો પિસ્ટન ય તરફ આવે એટલે વાલ્વ ડાબી બાજુ ખસી અ क નું સંધાન કરે છે અને ત્ર માર્ગને ખુલ્લો કરે છે. આવી રીતે પ્રથમ પિસ્ટનને આગળપાછળ

ખસવાની ગતિ મળે છે. એ ગતિને હવે ગાડીનાં ચક્રો ફેરવવામાં વાપરવી જોઈએ, તેટલા માટે પિસ્ટનના હાથા ર ને દ આગળ જોડી લ હાથા સાથે જોડેલો છે. લ ને મુખ્ય ધરી સાથે જોડેલો છે.

આકૃતિ ૧૬૫-અ.



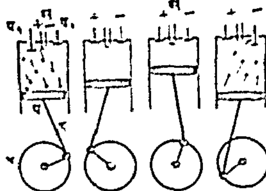
હવે પિસ્ટન આગળપાછળ હઠે છે અને તે સાથે ર અને લ નું અનુસંધાન (joint) દ પણ આગળપાછળ સીધી લીટીમાં હઠે છે. લ ને બે જગ્યાએ ધરી ઉપર જોડેલો હોવાથી ર આગળપાછળ જાય, ત્યારે ખાંચાવાળી ધરી સાથે જોડેલો લ છેડો વર્તુલમાં ફરે છે અને ધરીને ચક્રગતિ આપે છે. વાલ્વ V ને પણ એક સળિયો સ જોડેલો છે અને તેની સાથે ઘ આગળ જોડાણ કરી ટ સળિયો જોડેલો છે. ટ નો બીજો છેડો પૈંડાની ધરી સાથે જોડેલો છે. એટલે જ્યારે દ ડાબી તરફ જાય છે, ત્યારે ઘ જમણી તરફ જાય છે. આવી રચનાને લીધે પિસ્ટન ડાબી બાજુએ જઈ રહે છે ત્યારે વાલ્વ જમણી બાજુ તરફ ખસી જાય છે. એ વાલ્વને ડી-વાલ્વ (D-valve) કહેવામાં આવે છે, કારણ કે એમાં વરાળનો માર્ગ D અક્ષરને મળતો આવે છે.

૭. અપકેન્દ્રી અને નિયામક (Eccentric and Governor). સ્ટીમ ઍંજિનના પિસ્ટનની રૈખિક (linear) ગતિને પૈડાં ફેરવવાની ચક્રગતિમાં ફેરવવી પડે છે એ માટે અપકેન્દ્રીય (eccentric) બળ વપરાય છે. અપકેન્દ્રી (eccentric) નું કાર્ય પ્રકરણ (૧૧) માં ફકરા (૧૬) માં સમજાવ્યું છે.

યંત્રની ગતિને અમુક મૂલ્યે નિયમિત રાખવા વત્તીઓછી વરાળ આવે છે, તે માટે વાલ્વને આપોઆપ વત્તોઓછો ઉઘાડવામાં નિયામક (governor) રાખવામાં આવે છે. એનું કાર્ય પણ પ્રકરણ (૯) ના ફકરા (૧૦) માં બતાવ્યાં છે.

૮. પેટ્રોલ યંત્ર (Petrol Engine). આકૃતિ (૧૬૬ '૧', '૨', '૩', '૪',) વડે પેટ્રોલ યંત્રના મૂળતત્ત્વ સમજાવવામાં આવ્યાં છે. યંત્રની અંદર એક પિસ્ટન પ એક ચુસ્ત ભૂંગળામાં સરે તેમ રાખેલો છે. પિસ્ટનની ગતિ એક હાથા હ વડે ચક્ર ચ ને ગોળ ફેરવવામાં વપરાય છે. પિસ્ટનના ભૂંગળાનાં ઉપરના ભાગમાં બે વાલ્વ રાખેલા હોય છે. એક વાલ્વ $વ_1$ પેટ્રોલ અને હવાને અંદર લેવાના કામમાં આવે છે, અને $વ_2$ વપરાયેલા વાયુને બહાર કાઢી નાંખવાના ઉપયોગમાં આવે છે. આકૃતિ (૧૬૬ '૧') માં પ્રથમ પિસ્ટનને સહેજ ગતિ આપી નીચે ખેંચવામાં આવે છે. તેથી $વ_1$ વાલ્વ ખૂલે છે અને ભૂંગળામાં પેટ્રોલ અને હવાનું મિશ્રણ દાખલ થાય છે. જ્યારે પિસ્ટન વળી પાછો આકૃતિ (૧૬૬ '૨') ની પેઠે ઉંચે જાય છે, ત્યારે વાલ્વ $વ_1$ બંધ થાય છે અને પિસ્ટન અંદરના વાયુ અને હવાને સંકોચે છે. એ દરમિયાન એક બૅટરીમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલીને ભૂંગળામાં બે લગોલગના છેડા સ આગળ એક વિદ્યુત 'ચિનગારી' (spark) ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. આ ચિનગારી વડે અંદરના પેટ્રોલની વરાળ એકાએક

સળગી જાય છે અને તેમાંથી એકાએક વિસ્તૃત થયેલો વાયુ પ્રચંડ બળ ઉત્પન્ન કરી તે પિસ્ટનને નીચે હડસેલે છે (આકૃતિ ૧૬૬ '૩'). જ્યારે પિસ્ટન પાછો ઊંચે ચડે છે ત્યારે અત્યાર સુધી બંધ રહેલો વાલ્વ વ૨ ઊઘડે છે અને એ વપરાયેલા વાયુને બહાર જવાનો માર્ગ આપે છે (આકૃતિ ૧૬૬ '૪'). આ વાયુ બહાર ચાલી જાય અને

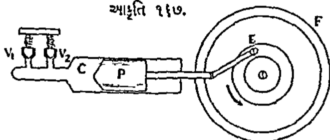


પિસ્ટન વળી પાછો નીચે ઊતરવા લાગે એટલે વળી પાછી આકૃતિ (૧૬૬ '૧') ની પેઠે વાયુ અને હવાનું મિશ્રણ ભૂંગળીમાં દાખલ થવાથી '૧', '૨', '૩', અને '૪' માં બતાવેલાં ક્રમનું પાછું પુનરાવર્તન થાય છે અને ધરી ચક્રમાં ફરવા લાગે છે. આવી રીતે વિદ્યુતની ચિનગારીથી પિસ્ટનના ભૂંગળામાં દહનકાર્ય કરીને પેટ્રોલ યંત્રો ચલાવવામાં આવે છે. એને આંતરદહન યંત્ર (*internal combustion engine*) કહેવામાં આવે છે. વરાળયંત્રમાં દહનકાર્ય બહાર થાય છે અને એમાં બહારથી આપેલી ગરમી પાણીની વરાળ બનાવવામાં વપરાય છે. પેટ્રોલ યંત્રનો ફાયદો એ છે કે એમાંની ઘણીખરી ગરમી અંદર જ ઉત્પન્ન થતી હોવાથી બધી કાર્ય કરવામાં વપરાઈ શકે છે અને માત્ર ભૂંગળાને ગરમ કરવામાં થોડીઘણી નકામી જાય છે. વરાળ-યંત્રમાં ઘણી ગરમી નકામી જાય છે. આ રીતે પેટ્રોલ યંત્રમાં વધુ

પ્રમાણમાં ગરમીનો ઉપયોગ થાય છે. પેટ્રોલ યંત્રને ઘણી વાર વાયુયંત્ર (gas engine) પણ કહેવામાં આવે છે.

૯. તેલયંત્રો (Oil Engines). તેલના યંત્રો પણ પેટ્રોલ યંત્રની પેઠે આંતરદહનથી (internal combustion) ચાલે છે. એની અંદર વિદ્યુતનો ઉપયોગ થતો નથી, પરંતુ ઘણા દબાણથી હવા સંકોચવામાં આવે છે એટલે તે ગરમ થઈ જવાથી તેલ આપોઆપ સળગી જઈને પિસ્ટન ઉપર દબાણ કરે છે.

આકૃતિ ૧૬૭.



ડીઝલ એંજીન

આ જાતના યંત્રને "ડીઝલ (diessel)" યંત્ર કહેવામાં આવે છે. કેટલાંક યંત્રો "સેમિ-ડીઝલ (semi-diessel)" કહેવાય છે અને તેમાં હવાનું પ્રમાણમાં ઓછું સંકોચન કરવામાં આવે છે.

પ્રથમ P પિસ્ટન જમણી તરફ જાય છે, ત્યારે V_1 વાલ્વમાંથી હવા દાખલ થાય છે અને જ્યારે P પાછો ડાબી તરફ આવે છે ત્યારે હવા સંકોચાય છે. એ હવા બરાબર સંકુચિત થઈ રહે છે કે તુરત એક નળીવાટે તેલની બારીક ધાર C માં છોડવામાં આવે છે. ગરમ હવાની સાથે સંયુક્ત થવાથી એનું જ્વલન થાય છે અને એ રીતે ઉત્પન્ન થયેલા વાયુ વડે પિસ્ટન ઉપર સખત દબાણ થાય છે, અને તે જમણી બાજુ જાય છે. પરંતુ નિષ્ક્રિયત્વને (inertia) લીધે પિસ્ટન પાછો ડાબી બાજુએ આવે છે અને ત્યારે V_1 વાલ્વ બંધ રહે છે અને V_2 વાલ્વ ખુલ્લો થાય છે તે દહન થયેલા વાયુને

બહાર જવા દે છે. જમણી તરફના બીજા ફટકા વખતે V_1 ખૂલે છે અને તે માર્ગે વળી હવા દાખલ થાય છે અને ઉપરની ઘટનાનું પુનરાવર્તન થાય છે.

૧૦. ગતિચક્ર (Flywheel). ગતિચક્ર એટલે એક મોટું અને ભારે ચક્ર, જેનો ઉપયોગ યંત્રમાં ગતિની શરુઆત કરવામાં અને ગતિને નિયંત્રિત રાખવામાં થાય છે. ગતિચક્ર તેલ અને વરાળ યંત્રોમાં ખાસ વપરાય છે. એક મોટાં અને ભારેચક્ર F નાં (આકૃતિ ૧૬૭) પૈડાંને હાથ વડે થોડી ગતિ આપવામાં આવે છે. એથી પિસ્ટન સાધારણ ગતિથી ડાબાજમણો જવા માંડે છે. એ પૈડાંને એક વખત ચક્રાકાર ફેરવવામાં આવે એટલે ન્યુટનના પહેલા કાયદાના નિષ્ક્રિયત્વના (inertia) સિદ્ધાંત પ્રમાણે તે લાંબા વખત સુધી ફરતું રહે છે. એ દરમિયાન હવા વારંવાર સંકોચાઈને ગરમ થઈ જાય છે અને તેલનાં દહન વડે પિસ્ટન ઉપર દબાણ કરી યંત્રની ગતિ શરુ કરે છે. એ મોટાં પૈડાંને ગતિચક્ર (flywheel) કહેવામાં આવે છે. ગતિચક્ર ગતિને નિયમિત કરવામાં પણ ઉપયોગી થાય છે, કારણ કે એકવાર અમુક ગતિ મેળવ્યા પછી તેને પિસ્ટન વડે સહેજસાજ બળ મળે એટલે તેની તે જ ગતિથી ચક્રાકાર ફરતું રહે છે. આમ ગતિને નિયંત્રિત કરવા માટે અને શરુઆતમાં યંત્રના પિસ્ટનને ચાલુ કરવા માટે ગતિચક્રનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વરાળ યંત્રોમાં પણ આવાં મોટાં ગતિચક્રો રાખવામાં આવે છે. સીવવાના સંચામાં પણ ગતિચક્રો હોય છે. આકૃતિ (૧૬૭) માં ડિઝલ એન્જિનનું ગતિચક્ર (F) બતાવવામાં આવ્યું છે.

સાર

૧. વરાળ વડે કાર્ય થઈ શકે તેવું યંત્ર પ્રથમ પેપિને બતાવ્યું હતું. એ યંત્રમાં પાણી ઊકળે ત્યારે પિસ્ટન ઊંચે ચઢતો અને ઠંડી થઈને પાણીરૂપ થાય

એટલે પિસ્ટન નીચે આવતો. એનું કાર્ય બહુ ધીમું હતું. ન્યુકોમેનનાં યંત્રમાં વરાળ ઠંડી પાડવા માટે પિસ્ટનની નીચે થોડા ઠંડાં પાણીની ધાર છોડવામાં આવતી, એટલે વરાળ ઝટ ઠંડી પડતી અને પિસ્ટન નીચે આવતો. વેળાસર ઠંડું પાણી અંદર દાખલ કરવાનું કાર્ય પ્રથમ હાથ વડે કરવામાં આવતું, પરંતુ હમ્ફ્રી પોટર નામના નોકરે આપમેળે વાલ્વ ખૂલીને બંધ થવાથી આ કાર્ય થાય તેવી શોધ કરી

૨. અત્યારે ઉપયોગમાં આવે તેવું યંત્ર વૉટે બનાવ્યું. એ યંત્ર વધુ ઝડપે કાર્ય કરે તેટલા માટે પાણીની વરાળને ઠંડી પાડવાને બદલે તે વાલ્વ મારફતે બહાર નીકળી જાય તેવી વ્યવસ્થા કરી હતી. એ યંત્રમાં સુધારો કરી મોટાં વાહનને ચલાવવામાં ઉપયોગ કરનાર સ્ટિફનસન હતો. એણે પહેલવહેલું આગગાડીનું યંત્ર રચ્યું હતું. મહામહેનતે પાર્લામેંટની મંજૂરી મેળવી એણે ખૂબ ખંતથી આગગાડીનો વહેવાર ચાલુ કર્યો અને વરાળ યંત્રનો એક બહુ મહત્ત્વનો ઉપયોગ શરુ કર્યો. એનાં વરાળયંત્રમાં વરાળ બહાર જાય તે પહેલાં પિસ્ટનને દબાણ કરી એકથી બીજી બાજુ તરફ મોકલે છે અને તેટલામાં D–વાલ્વ વડે ઊલટી દિશામાં વરાળ દબાણ કરીને પિસ્ટન પાછો ખસેડે છે.

૩. પેટ્રોલ યંત્રમાં વિદ્યુત તણખા વડે પેટ્રોલના ગૅસનું જ્વલન થાય છે અને તેના ધક્કાથી પિસ્ટન ઉપર દબાણ થાય છે અને યંત્ર ચાલે છે. આ યંત્રને આંતરદહન યંત્ર (internal combustion engine) કહેવામાં આવે છે. તેલના ડીઝલ યંત્રમાં ભારે પિસ્ટન વડે હવા સંકોચાવાથી જે ગરમી પેદા થાય છે તેના વડે તેલનું દહન થાય છે અને યંત્ર ચાલે છે. એ પણ આંતરદહન યંત્ર કહેવાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) વરાળયંત્રના ઇતિહાસ વિષે ટૂંક નોંધ લખો.
(૨) સાદાં વરાળયંત્રની રચના સમજાવો.
(૩) આગગાડીનાં વરાળયંત્રની રચના આકૃતિ પાડી સમજાવો.
(૪) પેટ્રોલ ઍંજિન અને વરાળ ઍંજિન વચ્ચે શો ભેદ છે ?
(૫) પેટ્રોલ ઍંજિન અને ફ્લાયવ્હીલનો ઉપયોગ સમજાવો.

પ્રકરણ ૧૮

ઉષ્ણતા અને કાર્ય

૧. કાઉંટ રમ્ફોર્ડ. અમેરિકાના સ્વતંત્રતાના બળવા વખતે કાઉંટ રમ્ફોર્ડ લશ્કરી ખાતામાં નોકરી કરતો હતો, ત્યાંથી તેને બીજાની અદેખાઈનો ભોગ બની ઈંગ્લેંડમાં લશ્કરી ખાતામાં દાખલ થવું પડ્યું. બાવેરિયાના ડ્યુકની મહેરબાનીથી એ તેની ખાનગી નોકરીમાં રહી ગયો. ત્યાં કાઉંટે ગરીબ લોકોને માટે એક લશ્કરીશાળા કાઢી. લોકોની ગરીબાઈ એના લક્ષમાં આવવાથી પ્રથમ તેણે તેમની આર્થિક બચત કેમ થાય તેની શોધ કરવા માંડી. એનું ધ્યાન બળતણ અને ગરમી તરફ ગયું. ઠંડા પ્રદેશમાં બળતણની કિંમત ઘણી જ હોય છે. એ દિશામાં તેણે ઘણા પ્રયોગો કર્યા અને બંધ ચૂલાની રચના કરી. એમાં ગરમ કરવાનાં વાસણનાં ઢાકણાં બેવડાં બનાવી વચ્ચે હવા રાખી. આથી ઉષ્ણતા લાંબો વખત જળવાઈ રહે છે. નોકરી દરમિયાન તેને લશ્કરને માટે તોપ મોકલવી પડતી. એ તોપનું મોં બનાવવા જ્યારે કાણું પાડવામાં આવતાં ત્યારે તોપ ખૂબ ગરમ થઈ જતી એ તેના લક્ષમાં આવ્યું. આ ઉપરથી તેને લાગ્યું કે અમુક કાર્ય કરતાં જે ઘર્ષણ થાય તેમાંથી ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થાય છે. એ ઘટનાને સંતોષકારક રીતે લોકોને બતાવવા તેણે એક તોપને કોરતી વખતે નીકળતી ઉષ્ણતાને પાણીને ગરમ કરવામાં વાપરી અને અઢી કલાકમાં પાણીને ઊકળતું બનાવ્યું. અગ્નિ વિના પાણી ઊકળી શકે તેવો પ્રયોગ નિહાળી ઘણાને આશ્ચર્ય ઉત્પન્ન થયું. રમ્ફોર્ડે સમજાવ્યું કે તોપની અંદર કાણું પાડવામાં શક્તિનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો હતો અને તેમાંની કેટલીક શક્તિ વડે ઘર્ષણદ્વારા ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થતી હતી. આ પ્રમાણે શક્તિનું કાર્યમાં અને કાર્યનું ઉષ્ણતામાં રૂપાંતર થાય છે,

એ સત્ય પ્રથમ સમજાવવાનું કાર્ય રમ્ફોર્ડે કર્યું હતું. આ પછી અમુક કાર્ય કરવામાં આવે તો કેટલી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થઈ શકે એ બાબત નક્કી કરવા માટે જૂલ નામના વૈજ્ઞાનિકે ઘણા પ્રયોગ કર્યાં.

૨. જૂલ. જૂલ ઇંગ્લંડના માંચેસ્ટરમાં ૧૮૧૮ માં જન્મ્યો હતો અને જૉન ડાલ્ટન નામના પ્રખ્યાત રસાયણશાસ્ત્રીના હાથ નીચે રસાયણશાસ્ત્ર શીખ્યો હતો. એને વિજ્ઞાનનો એટલો બધો શોખ લાગ્યો હતો કે એના બાપે એને માટે એક સ્વતંત્ર પ્રયોગ-શાળા કાઢી આપી. એણે કાર્ય અને ઉષ્ણુતાના સંબંધ વિષે નિયમો ઘડ્યા. એણે શક્તિસંરક્ષણના સિદ્ધાંતનું પ્રતિપાદન કર્યું અને પુરવાર કર્યું કે વિશ્વની અંદર શકિતનો જથ્થો જેટલો ને તેટલો જ રહે છે. નવી શકિત ઉત્પાદન થતી નથી અને હોય એટલી નાશ પામતી નથી; માત્ર શકિતનું રૂપાંતર થાય છે. આ ઉપરાંત વિદ્યુત અને ઉષ્ણુતાનો સંબંધ, વાયુના ઉષ્ણુતા વિષયના ગુણધર્મો વગેરે અનેક દિશામાં તેણે નવીન શોધો કરી હતી.

૩. કાર્ય અને ઉષ્ણુતા. બે બરફના ટુકડા લઈ જોરથી ઘસીએ તો બરફમાં ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી તે ઝટ પીગળી જાય છે. બે હથેળી જોરથી ઘસીએ તો પણ ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થાય છે. દીવાસળીની શોધ થઈ તે પહેલાં લાકડાનાં ઘર્ષણુથી ગરમી ઉત્પન્ન કરી અગ્નિ ઉત્પન્ન કરવામાં આવતો હતો. કરવત વડે લાકડાં વહેરવામાં આવે છે, ત્યારે કરવત પણ ગરમ થાય છે. જો એક શારડી (ડ્રીલ) વડે લાકડામાં કાણું પાડવામાં આવે, તો તેની અણી દઝાય એટલી સખત ગરમ થઈ જાય છે. એ સર્વ દૃષ્ટાંત બતાવે છે કે કાર્ય થાય છે, ત્યારે થોડું કાર્ય (work) વસ્તુને ગરમ કરવામાં વપરાય છે; અથવા થોડા કાર્યનું ઉષ્ણુતામાં રૂપાંતર થાય છે. બાઇસિકલ પંપમાં જોરથી હવાને સંકોચવામાં આવે તો પંપ

ગરમ થાય છે; કારણ કે હવા ઉપર દબાણ કરી હડસેલવાથી આપણે કાર્ય કરીએ છીએ; એટલે એ કાર્ય વડે ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થાય છે. આથી ઊલટું, વરાળયંત્રમાં આપણે પાણીને ઉષ્ણુતા આપીને કાર્ય ઉત્પન્ન કરીએ છીએ. આથી એટલું ચોક્કસ સમજાય છે કે કાર્ય (work) અને ઉષ્ણુતાનું અરસપરસ રૂપાંતર થઈ શકે છે.

૪. ઉષ્ણુતા અને કાર્યશકિત (Heat and Energy). આપણે ઉષ્ણુતા વડે કાર્ય કરી શકીએ છીએ, એટલે જેમાં ઉષ્ણુતા છે તેમાં કાર્ય કરવાની શક્તિ હોય છે. આ ઉપરથી આપણે એમ કહી શકીએ કે ઉષ્ણુતા પણ કાર્યશક્તિ (energy) છે, કારણ કે જેમાંથી કાર્ય (work) ઉત્પન્ન થઈ શકે તેમાં કાર્યશકિત (energy) છે, આગળ આપણે બે જાતની કાર્યશકિતનું વર્ણન કર્યું છે. એક અવસ્થાશકિત (potential energy) અને બીજી ગમનશકિત (kinetic energy). એ જ પ્રમાણે ઉષ્ણુતા પણ એક જાતની કાર્યશકિત છે અને જેવી રીતે અવસ્થાશકિત અને ગમનશકિતનું કાર્યમાં રૂપાંતર કરી શકાય છે, તેવી રીતે ઉષ્ણુતામાંથી પણ કાર્ય ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

૫. ઉષ્ણુતાની કાર્યશકિત (Energy of Heat) અને જૂલનો નિયમ. કોઈ સાધન વડે અમુક કેલોરી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન કરી શકાય એમ હોય તો તેના વડે કેટલું કાર્ય કરી શકાય તે જાણવા માટે ઉત્પન્ન થયેલું કાર્ય અને વપરાયેલી ઉષ્ણુતા વચ્ચેનો સંબંધ જાણવો પડે છે. એ બાબતમાં જૂલે ઘણા પ્રયોગ કરી સાબિત કર્યું કે એક કેલોરી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન કરવી હોય તો ૪·૨ જૂલ ($૪·૨ \times ૧૦^{૭}$ અર્ગ) કાર્ય કરવું પડે છે. એ નિયમને જૂલનો નિયમ કહેવામાં આવે છે અને તે નીચે પ્રમાણે છે.

કાર્ય = જ × ઉષ્ણતા, Work = J × Heat
કા = જ × ઉ, W = J × H

કા = W = કાર્ય અર્ગમાં
જ = J = જૂલને આંકડો = ૪.૨×૧૦^૭ અર્ગ
ઉ = H = ઉષ્ણતા કેલોરીમાં

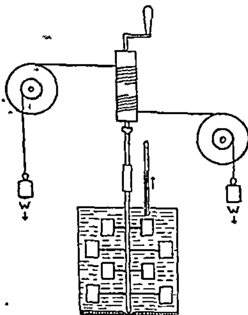
સાદી રીતે કહીએ તે ઉત્પાદન કરેલું કાર્ય અને તેમાંથી મળેલી ઉષ્ણતાનું પ્રમાણ એકસરખું જ રહે છે. કાર્ય અને ઉષ્ણતાના ગુણોત્તર (ratio) ને જૂલનો આંકડો અથવા ઉષ્ણતાનો કાર્યસમ-દર્શક (mechanical equivalent of heat) કહેવામાં આવે છે. આ ઉપરથી અમુક યંત્રને જેટલી ગરમી આપી તેમાંથી કેટલી ગરમીનું કાર્યમાં રૂપાંતર થયું અને કેટલી ગરમી નકામી ગઈ તે ઘણી ચોકસાઈથી જાણી શકાય છે.

૬. જૂલના પ્રયોગો. ઉપરનો સિદ્ધાંત ખરો છે કે કેમ એ જાણવા માટે એક સાદો દાખલો ઉપયોગી થઈ પડશે. આકૃતિ (૧૧૩-અ) માં બતાવી છે તેવી બે મિટર લાંબી કાચની નળીમાં સીસાંની બારીક ગોળી નાંખો અને એ નળીને બન્ને બાજૂથી બૂચ મારી બંધ કરો. હવે એ નળીને ઊભી રાખી વારાફરતી ઊલટસૂલટ કરશો તો સીસાંની ગોળી એક છેડેથી બીજે છેડે જશે. આમ સીસાંની ગોળી ઊંચેથી નીચે પડતાં એની અવસ્થાશક્તિ (potential energy)નું ઉષ્ણતામાં રૂપાંતર થાય છે અને ૪૦ થી ૫૦ વાર નળીને ઊલટસૂલટ કરવાથી તો સીસાંની ગોળી ગરમ થયેલી માલૂમ પડશે. સીસાંની ગોળીનું વજન, ઉષ્ણતામાનમાં થયેલો વધારો અને વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા માલૂમ હોય તો કેટલી ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન થઈ તે જાણી શકાશે; અને એક છેડેથી બીજે છેડે પડતી સીસાંની

ગોળી વડે કેટલું કાર્ય થાય છે તે પણ જાણી શકાશે. આમ કાર્ય અને ઉષ્ણતા વચ્ચેના વાસ્તવિક સંબંધને નક્કી કરવામાં આવે છે.

આકૃતિ (૧૬૮) માં બતાવેલાં સાધનથી પણ જૂલનો નિયમ સાબિત થઈ શકે છે. એક પાણીના વાસણમાં ગોળ ફરે તેવું રવાઈ જેવું સાધન રાખવામાં આવ્યું છે. વચ્ચેની ધરી સાથે હાથા વડે તકતીઓ જડેલી છે. એ વચ્ચેની ધરીના ઉપલા મથાળે એક હલકું નળાકાર જડેલું છે. એ નળાકાર ઉપર બે દોરીને વીંટેલી છે. એ દોરીને બે સામસામી ગરગડી ઉપર થઈને પસાર કરીને દરેકને વજન (W) લટકાવેલું છે. આ બન્ને વજનને અમુક અંતર નીચે પડવા દેવાથી નળાકાર તેમજ તેની સાથે રવાઈ ફરે છે. આથી પાણીમાં ઘર્ષણ થાય છે અને તેથી તેમાં ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. નળાકાર ઉપર દર્શાવેલા હાથાને ગોળ ફેરવી એ વજનને પાછાં ઊંચે લાવવામાં આવે છે અને તે વખતે રવાઈ ફરે નહિ તેવી રચના કરવામાં આવેલી હોય છે. એ વજનને પાછાં નીચે પડવા દેવામાં આવે છે. આમ ઘણી વાર વજનને નીચે પડવા દેવામાં આવે છે એટલે પાણીનું ટેમ્પરેચર ઘણું

આકૃતિ ૧૬૮.



વધે છે. એ ટેમ્પરેચર કેટલું વધ્યું છે એની થર્મોમિટર વડે નોંધ કરવાથી પાણીમાં કેટલી ઉષ્ણુતા પેદા થઈ છે તેનું માપ મળે છે. W વજનેા કુલ કેટલું અંતર ઊતર્યો તે જાણવાથી તેના વડે થયેલાં કાર્યનું માપ પણ મળે છે. થયેલું કાર્ય અને પેદા થયેલી ઉષ્ણુતાનેા ગુણોત્તર શોધવાથી ઉષ્ણુતાના કાર્યસમદર્શક (ज, J) નું મૂલ્ય નીકળે છે. (યંત્રમાં ઘર્ષણથી જેટલું કાર્ય નકામું જાય છે તેને માટે યેાગ્ય સુધારેા કરવેા પડે છે.)

૭. શક્તિનું રૂપાંતર અને શક્તિસંરક્ષણનેા નિયમ (Transformation of energy and conservation of energy). એક મેાટા પથ્થરને ઊંચેથી પડવા દઈએ તેા તેની શક્તિનું કાર્યમાં રૂપાંતર કરી શકીએ છીએ. ધારેા કે એક મેાટા ચક્રના એક દાંતા ઉપર એક વજન પડ્યું તેા તે ચક્ર ફરવા લાગશે. એ ફરતાં ચક્ર વડે જો એકાદ લાકડા કેારવાની ડ્રીલ ચલાવવામાં આવે તેા તે ડ્રીલ ગરમ થશે. આમ પથ્થરની અવસ્થાશક્તિને ગમનશક્તિમાં ફેરવી શકાય છે અને તેનું કાર્યમાં અને કાર્યનું ઉષ્ણુતામાં રૂપાંતર થઈ શકે છે. ઉષ્ણુતાને વળી આપણે એકાદ યંત્રદ્વારા કાર્ય કરવામાં પણ વાપરી શકીએ અને આમ જુદીજુદી જાતની શક્તિનું અરસપરસ રૂપાતર કરી શકાય છે. વિદ્યુતમાંથી પણ ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે, પ્રકાશના કિરણેામાંથી પણ ગરમી ઉત્પન્ન થઈ શકે છે અને ગરમીનું વળી પાછું કાર્યમાં રૂપાંતર કરી શકીએ છીએ; એટલે એમ લાગે છે કે ગરમી, વિદ્યુત, પ્રકાશ વગેર કાર્યશક્તિનાં (energy) જુદાંજુદાં સ્વરૂપેા છે. એક જાતની કાર્યશક્તિ (energy) નું બીજી જાતની કાર્યશક્તિમાં રૂપાંતર કરી શકાય છે. આ ઉપરથી અને ચેાક્કસ પ્રયેાગ વડે જૂલે સાબિત કર્યું કે-

(૧) જ્યારે કાર્યશકિત (energy) નું રૂપાંતર થાય ત્યારે કાર્યશકિતને એક અથવા અનેક રૂપમાં ફેરવી શકાય છે, પરંતુ કુલ વપરાયેલી કાર્યશકિત અને કુલ રૂપાંતર થયેલી કાર્યશકિતનો જથ્થો હંમેશાં સરખો જ રહે છે; અને (૨) વિશ્વની અંદર કુલ કાર્યશકિતનો જથ્થો જેટલો છે તેથી વધી શકતો નથી તેમ ઘટતો પણ નથી.

આમ કાર્યશકિતનું ઉષ્ણુતાશકિત, અવસ્થાશકિત, ગમનશક્તિ, વિદ્યુતશકિત, પ્રકાશશકિત, ધ્વનિશકિત, ચુંબકશકિત, રસાયણુ-શકિત વગેરે વગેરે અનેક જાતની શકિતઓમાં રૂપાંતર થઈ શકે છે. કુલ કાર્યશકિત તો જેટલી ને તેટલી જ રહે છે. નવી કાર્યશકિત ઉત્પન્ન કરી શકાતી નથી, અને છે એટલી કાર્યશકિતનો વિનાશ થતો નથી. આ સિદ્ધાંતને શકિતસંરક્ષણુનો સિદ્ધાંત (principle of conservation of energy) કહેવામાં આવે છે.

૮. હાઇડ્રોઇલેક્ટ્રિક યંત્રોમાં થતું રૂપાંતર (**Transformation of Energy in Hydro-electric Works**). ખંડાલા ઘાટ ઉપર મોટાં તળાવ બાંધી તેમાંનાં પાણીનાં બળમાંથી વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરી મુંબઈ જેવા મોટા શહેરમાં મોકલી, એ વિદ્યુત વડે અનેક યંત્રો, અનેક દીવા, અનેક ગાડી, ટ્રામગાડી, પંખા વગેરે ચલાવવામાં આવે છે. આમ પાણીની કાર્યશકિત (energy) નું અનેક રૂપમાં રૂપાંતર થાય છે. પ્રથમ સૂર્યની પ્રકાશરૂપે આવતી ઉષ્ણુતાશકિતનું પાણીનું બાષ્પીભવન કરી વરાળ બનાવી ઊંચેનાં વાદળાં બનાવવામાં રૂપાંતર થાય છે. આ રીતે વરાળનાં અણુ ઊંચે ચઢે એટલે ઉષ્ણુતાશક્તિનું વાદળનાં બિંદુની અવસ્થાશકિત (potential energy) માં રૂપાંતર થાય છે. એ અણુ વરસાદરૂપે ઊંચા પહાડ ઉપર આવી ભેગાં થાય એટલે થોડી અવસ્થાશકિત ઓછી થાય છે. હવે એ પાણીને મોટા નળ વાટે પર્વતની નીચે ઉતારી એના દબાણુથી મોટાં ટર્બાઈન

(turbine, જલયંત્ર) નાં ચક્રને ગોળ ફેરવી શકાય છે. એટલે પાણીની અવસ્થાશક્તિનું ટર્બાઈનના ચક્રની ગમનશકિત (kinetic energy) માં રૂપાંતર થાય છે. એ ગમનશક્તિનું ફરીથી ડાઈનેમો (dynamo) યંત્ર વડે વિદ્યુતશક્તિમાં રૂપાંતર થાય છે. એ વિદ્યુત-શક્તિને તારનાં દોરડાંમાંથી દૂર આવેલાં મુંબઈ જેવાં શહેરમાં પહોંચાડવામાં આવે છે. અહીં એ શકિતનું દીવા સળગાવી પ્રકાશમાં અને ઉષ્ણતામાં રૂપાંતર થાય છે; મોટી ગાડી, ટ્રામ, અને મોટર યંત્રો ચલાવી ગમનશકિતમાં અને કાર્યમાં રૂપાંતર થાય છે; અને મોટી લિફ્ટ ચલાવી અવસ્થાશક્તિમાં અને ગમનશક્તિમાં રૂપાંતર કરી શકાય છે. વીજળીની મદદથી પાણીને ગરમ કરી વળી પાછું વરાળમાં રૂપાંતર કરી જે શકિત વડે વિદ્યુત ઉત્પન્ન થઈ તે શકિતમાં રૂપાંતર કરી શકાય છે. આ રીતે સૂર્યના પ્રકાશમાંથી મળતી ઉષ્ણતાનું અનેક રીતે રૂપાંતર કરી શકાય છે. ખંડાલાના ઘાટના પાણીની કુલ અવસ્થાશકિત માપી હોય અને મુંબઈમાં વિવિધ સ્વરૂપે વપરાયેલી શકિતનો કુલ સરવાળો કરી જોઈએ તો માલૂમ પડશે કે પાણીની અવસ્થાશકિત અને મુંબઈની અંદર વપરાયેલી કુલ શકિત સરખી થશે.

સાર

૧. કાર્ય કરતાં હમેશાં થોડી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થાય છે. યોગ્ય સાધન હોય તો બધાં કાર્યનું ઉષ્ણુતામાં રૂપાંતર થઈ શકે છે. એથી ઉલટું, ઉષ્ણુતા વડે કાર્ય પણ થઈ શકે છે. આમ કાર્ય અને ઉષ્ણુતાને અરસપરસ રૂપાંતર કરી શકાય છે. કાઉંટ રમ્ફોર્ડે આ બાબત પ્રથમ ધ્યાનમાં લીધી હતી અને એ ફેરફારને લક્ષમાં લાવે તેના પ્રયોગો કર્યા હતા.

૨. કાર્ય અને ઉષ્ણુતાના અરસપરસ ફેરફારના નિયમો જૂલે શોધ્યા હતા એણે પ્રયોગ વડે સાબિત કર્યું કે કાર્ય વડે પેદા થયેલી ઉષ્ણુતા તેના પ્રમાણસર રહે છે. કાર્ય અને તે વડે પેદા થયેલી ઉષ્ણુતાનો ગુણોત્તર ઐંદમૂલ્ય —

રહે છે, અને તેને કાર્યનો ઉષ્ણુતા સમદર્શક (mechanical equivalent of heat) કહેવામાં આવે છે. તેને જૂલનો આંકડો પણ કહેવામાં આવે છે, અને તેનું મૂલ્ય ૪.૨ × ૧૦⁷ અર્ગ છે. ૧ કેલોરી ઉષ્ણુતા પેદા કરવા ૪.૨ × ૧૦⁷ અર્ગ કાર્ય કરવું પડે છે.

૩. શક્તિમાં રૂપાંતરો થતાં તેનાં મૂલ્યમાં કેટલા ફેરફારો થાય તે લક્ષમાં લઈને જૂલે શક્તિ સરક્ષણ (conservation of energy) નો નિયમ ઘડ્યો છે. એ નિયમ પ્રમાણે (૧) વિશ્વમાં શક્તિનો જે જથ્થો છે તેમાં વધઘટ થતી નથી અને (૨) શક્તિ એકથી બીજા સ્વરૂપમાં રૂપાંતર થાય તોપણ તેના મૂલ્યમાં ફેર પડતો નથી.

૪. અવસ્થાશક્તિનુ ગમનશક્તિમા, ગમનશક્તિનુ વિદ્યુતશક્તિમાં, વિદ્યુતશક્તિનું ઉષ્ણુતામા અથવા ગમનશક્તિમા, અને ઉષ્ણુતાનું પાછું ગમન અને અવસ્થાશક્તિમાં રૂપાંતર કરી શકાય છે. હાઇડ્રોઇલેકટ્રિક વર્ક્સમાં આ દરેક ફેરફારની ખાતરી થાય છે. ઉષ્ણુતાશક્તિને લીધે પાણીની વરાળ થઈ પાણીના વાદળો બધાય છે. તેમની અવસ્થાશક્તિનું વરસાદ પડે ત્યારે ગમનશક્તિમાં રૂપાંતર થાય છે. ઊંચા પહાડ ઉપર એ પણી સંઘરી લેવામાં આવે છે, એટલે થેાડી અવસ્થાશક્તિ રહે છે. નળદ્વારા એને નીચે ઊતારવામાં આવે એટલે ગમનશક્તિમાં રૂપાંતર કરી તેના વડે યંત્રની ગમનશક્તિ પેદા કરવામાં આવે છે. એમાંથી વિદ્યુતશક્તિ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે, અને વિદ્યુતશક્તિમાંથી અવસ્થાશક્તિ, ગમનશક્તિ, ઉષ્ણુતાશક્તિ વગેરે પેદા કરવામાં આવે છે. આમ શક્તિના અનેક રૂપાંતરો થાય છે, પરંતુ શક્તિનો કુલ જથ્થો જેટલો ને તેટલોજ રહે છે.

પ્રશ્નો

(૧) શક્તિસંરક્ષણુના નિયમ વિષે ટૂંક નોધ લખો.

(૨) કાર્ય અને ઉષ્ણુતા વચ્ચે કેવો સંબંધ છે ?

(૩) ધાટના પાણીની શક્તિના કેમ રૂપાંતર થાય એ સમજાવો.

(૪) જૂલ, વૉટ અને રમ્ફોર્ડ વિષે શું જાણો છો ?

પ્રકરણ ૧૯

પ્રકાશ (Light)

૧. પ્રકાશ અને તેની ઉત્પત્તિ. ઘણે ભાગે વસ્તુને બાળીએ અથવા ગરમ કરીએ ત્યારે પ્રકાશની ઉત્પત્તિ થાય છે. આપણને ઘણેાખરેા પ્રકાશ સૂર્યમાંથી મળે છે, પરંતુ વિજ્ઞાનના વિકાસની સાથે પ્રકાશ ઉત્પન્ન કરવાનાં અનેક સાધનેા શેાધાયાં છે. લાકડાં સળગે તે વડે, ઘીતેલના દીવા વડે, મીણબત્તીના દીવા વડે, કેરેાસિનના દીવા વડે, પેટ્રોલ અને ગેસના દીવા વડે અને વિદ્યુતના દીવા વડે પ્રકાશ મળી શકે છે. પ્રકાશ શી વસ્તુ છે તે પ્રથમ દૃષ્ટિએ માલૂમ પડતું નથી. જ્યારે ધેાળે દિવસે આપણે બહાર નીકળીએ ત્યારે કહીએ છીએ કે આપણે પ્રકાશને જોઈએ છીએ; પરંતુ પ્રકાશ દેખાતેા નથી અને માત્ર પ્રકાશિત વસ્તુએા જોવામાં આવે છે. એક અંધારા ઓરડામાં જો પ્રકાશનાં કિરણેા દાખલ કરવામાં આવે તેા પ્રકાશ દેખાતેા નથી; પરંતુ જ્યાં એ કિરણેા પડે છે તે જગ્યા દેખાય છે. જો ઓરડામાં ધૂળ અથવા ધુમાડાનાં રજકણેા હેાય તેા તે પ્રકાશિત થઈને કિરણનેા માર્ગ દેખાડે છે. એટલે ખરું જોતાં આપણે માત્ર પ્રકાશિત વસ્તુ હેાય તેને જ જોઈ શકીએ છીએ. ત્યારે પ્રકાશ શું છે? એવું માનવામાં આવે છે કે પ્રકાશ અવકાશમાં તરંગ (waves) રૂપે પ્રવર્તે છે. જેમ પાણીમાં પથ્થર નાંખતાં તરંગેા ઉત્પન્ન થાય છે, તેમ જ્યારે કેાઈ દ્રવ્ય ગરમ થાય છે, ત્યારે પ્રકાશના તરંગેા અવકાશમાં ઉત્પન્ન થાય છે. પ્રકાશના તરંગેા અવકાશ (space) માં રહેલાં એક કલ્પિત ઈથર નામના માધ્યમ (medium) દ્વારા પ્રસરે છે એમ માનવામાં આવે છે.

લગભગ આઠ મિનિટમાં આવી પહોંચે છે. સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર ૯,૩૦,૦૦૦ માઈલ છે. સૂર્યની સપાટી અને ભીતર અતિશય ઉષ્ણ હોવાથી તેમાંથી પ્રકાશ ઉત્પન્ન થઈ ચારે તરફ પ્રસરે છે.

પ્રકાશનાં કિરણો એક સીધી લીટીમાં પ્રસરે છે. અંધારા ધૂમાડાવાળા ઓરડામાં સૂર્યનાં કિરણો દાખલ થાય તો એ બાબતની ખાતરી થાય છે. નીચેના પ્રયોગથી આ બાબત પુરવાર થશે.

પ્રયોગ:—એક બળતી મીણબત્તી લઈને આપણી આંખની વચ્ચે ત્રણ કપાટિયા મૂકી ત્રણેમાં અક્કેક કાણુ પાડો જ્યારે ત્રણે કાણાં મીણબત્તીની જ્યોત અને આંખની સીધી લીટીમા આવશે, ત્યારે જ મીણબત્તીનો પ્રકાશ તેમાથી પસાર થશે. જો એકાદ કપાટિયું પણ બાજુએ હઠે તો પ્રકાશનાં કિરણો બધ થશે.

૨. પારદર્શક અને અપારદર્શક વસ્તુઓ. પ્રકાશનાં કિરણો દરેક વસ્તુમાંથી પસાર થતાં નથી. કાચ, પાણી, હવા, ઘણાખરા વાયુ, કેટલાક સ્ફટિકો વગેરેમાંથી પ્રકાશ પસાર થાય છે; તેલ અને પાતળા કાગળ જેવી વસ્તુમાંથી થોડે અંશે પસાર થાય છે, લાકડું, ધાતુ અને એવી ઘણીખરી ઘન વસ્તુમાંથી પ્રકાશનાં કિરણો પસાર થઈ શકતાં નથી. આમ બધા પદાર્થોના ત્રણ વિભાગ પાડી શકાય છે; જેમાંથી પ્રકાશ પસાર થાય તેને પારદર્શક (*transparent*) વસ્તુ કહેવાય છે; જેમાંથી બહુ થોડો પ્રકાશ પસાર થાય તેને અર્ધપારદર્શક (*transluscent*) અને જેમાંથી બિલકુલ પસાર થતો નથી, તેને અપારદર્શક (*opaque*) વસ્તુ કહેવામાં આવે છે.

૩. પડછાયા. પ્રકાશના માર્ગમાં અપારદર્શક વસ્તુ મૂકીએ તો તેનો પડછાયો પડે છે. પડછાયો એટલે એક પ્રકાશનાં કિરણોના

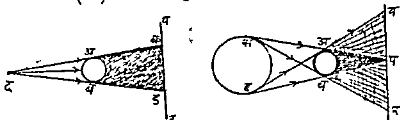
માર્ગમાં એક વસ્તુના આવવાથી જેટલાં કિરણો અટકી જાય છે તેવો કિરણો વગરનો પ્રકાશરહિત ભાગ.

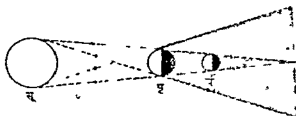
આકૃતિ (૧૬૯–અ) માં દ એક ઝીણો દીવો છે અને અ બ અપારદર્શક વસ્તુ છે. દ અ અને દ બ વચ્ચેનાં સઘળાં કિરણો અ બ પદાર્થ વડે અટકી જાય છે. એટલે ય ર આગળ પડદો હોય તો અ ક ड બ ભાગ પ્રકાશના કિરણરહિત થાય છે. ક ड ભાગમાંનો કાળો ભાગ અ બ નો પડછાયો બતાવે છે. ય ર ને અ બ ની નજીક લાવીએ તો પડછાયો ક ड નાના કદનો થાય છે અને જેમ જેમ દૂર લઈ જઈએ તેમ મોટા કદનો થાય છે.

હવે આકૃતિ (૧૬૯–ब) માં બતાવ્યા મુજબ પ્રકાશનાં સાધન તરીકે એક મોટા ફાનસનો દૂધિયા કાચનો પ્રકાશવાળો ગોળો લઈને તેના પ્રકાશને તેનાથી નાના કદની અપારદર્શક વસ્તુ અ બ ઉપર પડવા દઈએ તો પડછાયાના પ્રકારમાં ફેર પડશે. એનું ખાસ કારણ એ છે કે પ્રકાશવાળી વસ્તુનું કદ જે વસ્તુનો પડછાયો પડે તેના કરતાં મોટું છે. પ્રકાશવાળા ગોળાના સ અને હ એમ બે બિંદુઓ લઈએ અને તેમાંથી નીકળતાં પ્રકાશનાં કિરણો નાના ગોળાવડે કેમ અટકે છે તે જોઈએ તો પડછાયો કેમ અને કેવો પડે છે તે ધ્યાનમાં આવે છે. સ માંથી નીકળતાં કિરણોથી અ પ ર બ પડછાયો પડે છે. એ જ રીતે હ ને લીધે અ ય પ च પડછાયો પડે છે. હવે એ બન્ને પડછાયામાં અ પ બ થી બતાવેલા વધુ કાળા ભાગ સિવાયના ઉપલા ભાગના પડછાયામાં સ માંથી નીકળતાં કિરણો પડે છે અને નીચેના ભાગના પડછાયામાં હ માંથી નીકળતાં કિરણો પડે છે. પરંતુ અ પ બ જેટલા ભાગમાં કિરણો બિલકુલ જતાં નથી. આ કારણથી અ પ બ જેટલો ભાગ વધુ કાળો હોય છે અને બાકીનો ભાગ સહેજ કાળો અથવા ઝાંખો કાળો હોય છે. વચ્ચેના બિલકુલ કાળા ભ

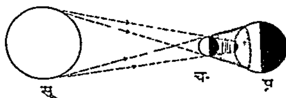
ખગ્રાસ (umbra) ભાગ કહેવામાં આવે છે અને બાકીના ભાગને જ અર્ધખગ્રાસ (penumbra) ભાગ કહેવામાં આવે છે. ઉપર બતાવ્યા મુજબના સૂર્ય વડે થયેલા પૃથ્વીના ખગ્રાસ અને અર્ધ-

(अ) આકૃતિ ૧૬૯. (ब)





(क)
ચંદ્રગ્રહણ



(ड)
સૂર્યગ્રહણ

ખગ્રાસ પડછાયામાં ચંદ્ર આવે ત્યારે ચંદ્રગ્રહણ થાય છે. આકૃતિ (૧૬૯-क) માં स वडे સૂર્ય અને पृ વડે પૃથ્વી બતાવી છે પૃથ્વીના અર્ધખગ્રાસ પડછાયામાં ચંદ્ર च આવે તો સાધારણ ઝાંખો થઈ જાય છે, અને ખગ્રાસ ભાગમાં આવે તો દેખાતો બંધ થાય

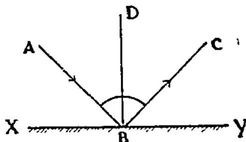
છે. આકૃતિ (૧૬૯—ઙ) માં સૂર્ય સૂ અને પૃથ્વી પૃ ની વચ્ચે ચંદ્ર ચ આવવાથી ચંદ્રનો પડછાયો પૃથ્વી ઉપર પડે છે અને તેથી ત્યાંથી જોનારને સૂર્યગ્રહણ થયેલું માલૂમ પડે છે.

૩. પ્રકાશનું પરાવર્તન અને પરાવર્તનના નિયમો (**Reflection and Laws of Reflection**). જે વસ્તુ જાતે પ્રકાશ પેદા કરતી હોય તેને આંખ વડે જોઈ શકાય છે. એ ઉપરાંત જે વસ્તુ ઉપર બહારનો પ્રકાશ આવીને પડવાથી પ્રકાશિત બને છે, તેને પણ આપણે જોઈ શકીએ છીએ. એનું કારણ એ છે કે વસ્તુના દરેક ભાગ ઉપર પડતાં કિરણોનું પરાવર્તન (reflection) થાય છે. એ પરાવર્તન થયેલાં કિરણો આપણી આંખમાં દાખલ થાય છે, અને તેના વડે આંખમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ (image) પડે છે. એ પ્રકારનું પરાવર્તન થતું ન હોત તો સ્વયંપ્રકાશિત વસ્તુઓ સિવાયની બીજી વસ્તુઓ જોઈ શકાતે નહિ જે વસ્તુ ઘણોખરો પ્રકાશ સ્વીકારી લે છે અને નહિ જેવું પરાવર્તન કરે છે, તે વસ્તુ કાળી દેખાય છે. અંધારામાં પ્રકાશનો અભાવ હોય છે અને કોઈ પણ વસ્તુમાંથી પ્રકાશ નીકળતો નથી તેમજ પ્રકાશનું પરાવર્તન થતું નથી તેથી, દરેક વસ્તુ પ્રકાશહિન હોવાથી જોઈ શકાતી નથી.

કેટલીક વસ્તુ પ્રકાશનું વધુ પરાવર્તન કરે છે. ખરબચડી વસ્તુમાંથી ઓછું પરાવર્તન થાય છે. એક ધાતુના પતરાંને પૉલિશ કરતાં જઈએ તેમ તેમાંથી વધુ ને વધુ પ્રમાણમાં પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે. ચોખ્ખા પારાની સપાટીમાંથી લગભગ ઘણાખરા પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે એટલે તે આરસા તરીકે પણ વપરાય છે. નહિ કટાય તેવાં લોખંડ (stainless steel) ને ખૂબ પૉલિશ કરીએ તો તેમાંથી કાચના આરસાથી પણ વધુ સુંદર આરસા બનાવી શકાય છે. અપારદર્શક વસ્તુમાં પરાવર્ત વધુ પ્રમાણમાં થાય છે. પારદર્શક વસ્તુમાં પણ પરાવર્તન થાય છે, પરંતુ ઘણોખરો પ્રકાશ તે વસ્તુમાંથી આરપાર પસાર થઈ જાય છે.

એક નાનો લખોટો લઈને આંગળી વડે અમુક દિશામાં ગબડાવી દીવાલ સાથે અથડાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે તે દીવાલ સાથે અથડાઈને અમૂક દિશામાં જ પાછો વળે છે. એ જ પ્રમાણે જો એક સપાટ પૃષ્ઠ ઉપર કિરણો ફેંકવામાં આવે તો તે હમેશાં અમુક દિશામાં જ પરાવર્તન (reflect) થાય છે. નીચેના પ્રયોગથી એ બાબત પુરવાર થશે.

આકૃતિ ૧૭૦.



પ્રયોગ :—એક કાગળ ઉપર X Y લીટી દોરી તેને એક બાજુ અડે તેમ એક આરસીને ઊભી મૂકો (આકૃતિ ૧૭૦). સામી બાજુએ બતાવ્યા મુજબ A અને B લીટી દોરી તેના ઉપર એ ટાંકણી ખોસો. હવે C B દિશામાંથી આરસી તરફ જોઈ બીજી બે ટાંકણીઓ એવી રીતે ખોસો કે જેથી A B લીટી ઉપરની બે ટાંકણીનાં પ્રતિબિંબો અને B C લીટી ઉપર રહેલી ટાંકણીઓ એક સીધી લીટીમાં દેખાય. હવે આરસી ઉઠાવી લો હવે A B અને B C લીટીઓ B આગળ મળશે B આગળ X Y લીટી ઉપર B D લંબ દોરો, અને ખૂણો A B D અને C B D માપો. બન્ને ખૂણાને સરખાવો A B ને બદલે બીજી લીટી લઈને ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો

ઉપરના પ્રયોગમાં A B આપાતકિરણ (incident ray) કહેવાય છે, B C પરાવર્તકિરણ (reflected ray) કહેવાય છે અને D B લંબ (normal) કહેવાય છે. લંબ સાથે આપાતકિરણ જે ખૂણો A B D કરે છે તેને આપાતકોણ (angle of incidence) કહેવામાં આવે છે; એ જ પ્રમાણે ખૂણા C B D ને પરાવર્તનકોણ (angle of reflection) કહેવામાં આવે છે. આરસીનાં જે બિંદુ (B)

આગળ કિરણ પડે છે તેને આપાતબિંદુ (point of incidence) કહેવામાં આવે છે. પ્રયોગમાંથી એક બાબત એ માલૂમ પડે છે કે

$$\angle ABD = \angle CBD$$

એટલે કે, આપાતકોણ = પરાવર્તનકોણ.

બીજી બાબત એ સમજાય છે કે આપાતકિરણ A B અને પરાવર્તકિરણ B C, લંબ B D ની સામસામી બાજુએ હોય છે. વળી આરસી મૂકીને જોઈશું તો માલૂમ પડશે કે A B, B C, B D, લીટીઓ અને A B લીટીનું પ્રતિબિંબ એક જ સપાટીમાં દેખાય છે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે આપાતકિરણ, પરાવર્તકિરણ અને લંબ એક જ સપાટીમાં રહે છે. આ ઉપરથી આપણે નીચેના ત્રણ નિયમો તારવી શકીશું.

(૧) એક સપાટ પૃષ્ઠ ઉપરનાં આપાતકિરણ, પરાવર્તકિરણ અને લંબ હમેશાં એક સપાટીમાં હોય છે.

(૨) આપાતકિરણ અને પરાવર્તકિરણ લંબ સામસામી બાજુએ હોય છે.

(૩) આપાતકોણ અને પરાવર્તકોણ હમેશાં સરખા હોય છે.

બીજો નિયમ અમુક કિરણ કયી દિશામાં જશે તે બતાવે છે. જે બિંદુ ઉપર કિરણ સપાટીને મળે છે ત્યાં લંબ દોરીને જેટલો આપાતકોણ થાય તેની સામી બાજુએ તે જ સપાટીમાં તેવડો પરાવર્તનકોણ રચવાથી પરાવર્તનકિરણ મળે છે.

(અ) આકૃતિ ૧૭૧. (વ)



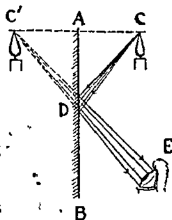


જો સપાટી લીસી અને સરખી હોય તો આકૃતિ (૧૭૧–અ) માં જેટલાં કિરણ સમાંતર આવે તે

પાછા સમાંતર પરાવર્ત થાય છે; પરંતુ આકૃતિ (૧૭૧–ત્ર) માં બતાવ્યાં પ્રમાણે જો સપાટી ખરબચડી હોય તો જુદાંજુદાં સમાંતર કિરણો તેમાં બતાવ્યા મુજબ ગમે તે દિશામાં પરાવર્ત થશે. આથી પ્રકાશનું એકસરખું પરાવર્તન થતું નથી અને માત્ર પરીભવન (diffusion) થાય છે.

પૉલિશવાળી સપાટી ઉપરથી પરાવર્તન થાય છે અને ખરબચડી સપાટી ઉપરથી પરીભવન થાય છે. આથી પૉલિશવાળી સપાટી ઉપરથી જે કિરણો પાછાં વળે છે તે અમુક નિયત દિશામાં જ આવે છે અને તેથી જે વસ્તુનાં કિરણો તે સપાટી ઉપર પડે છે તે વસ્તુનાં પ્રતિબિંબને આપણે જોઈ શકીએ છીએ. ખરબચડી સપાટી ઉપરથી પરાવર્ત થતાં કિરણો ગમે તે દિશામાં જાય છે અને તેથી જે વસ્તુ પ્રકાશ મોકલે છે તે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ખરબચડી સપાટી ઉપર જોઈ શકાતું નથી, પરંતુ માત્ર તે સપાટીને આપણે જોઈ શકીએ છીએ.

આકૃતિ ૧૭૨–અ.

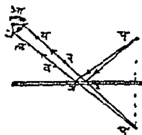


૪. સપાટ પૃષ્ઠ ઉપર પરાવર્તન થતાં પ્રતિબિંબના નિયમો. આપણે આરસીમાં જોઈએ છીએ, ત્યારે તેમાં આપણું પ્રતિબિંબ જોઈ શકાય છે. એનું કારણ પણ પ્રકાશનાં પરાવર્તનનું જ છે. આકૃતિ (૧૭૨ –અ) માં બતાવ્યા મુજબ A B આરસીની સામે એક સળગેલી મીણબત્તી C રાખીએ તો તેમાંથી નીકળતાં જે કિરણો C D દિશામાં જાય છે તે D E દિશામાં પરાવર્તન

(reflect) થઈને બતાવ્યા મુજબ આંખમાં દાખલ થાય છે. આથી આંખમાં દાખલ થતાં કિરણો જાણે C' માંથી આવતાં હોય તેમ લાગે છે આથી C' આગળ મીણબત્તી C નું પ્રતિબિંબ દેખાય છે. મીણબત્તીનું જે પ્રતિબિંબ દેખાય છે તે આભાસ પ્રતિબિંબ (virtual image) કહેવાય છે, કારણ કે એ પ્રતિબિંબ ખરેખરું રચાતું નથી, પરંતુ C' આગળ હોય તેવો આભાસ આપે છે. મીણબત્તી C અને તેનાં પ્રતિબિંબ C' નું અંતર આરસાથી સરખું છે. વળી C' અને C ને જોડતી લીટી આરસા A B થી કાટખૂણે છે; એટલે પ્રતિબિંબ મીણબત્તીમાંથી આરસા ઉપર દોરેલી લંબ લીટીની દિશામાં હોય છે.

આપેલાં એક બિંદુનાં અથવા વસ્તુનાં પ્રતિબિંબનું સ્થાન આકૃતિ વડે કેમ નિયત કરવું તે નીચેના પ્રયોગ વડે બતાવવામાં આવ્યું છે.

આકૃતિ ૧૭૨–ઘ.



પ્રયોગ (૧):—એક ટેબલ ઉપર કાગળ મૂકી આકૃતિ (૧૭૨–ઘ) માં બતાવ્યા મુજબ એક ગદ્દ આરસી મૂકો. આરસીની સામે પ આગળ એક ટાંકણી ખોસો.

હવે ય ર દિશામાં આંખ રાખી બે ટાંકણી ય અને ર એવી રીતે ખોસો કે જેથી ય, ર ટાંકણીઓ અને પ નું પ્રતિબિંબ એક સીધી લીટીમાં દેખાય. એ જ પ્રમાણે આંખને ખસેડી બીજી બે ટાંકણી લ અને વ એવી રીતે મૂકો કે જેથી લ, વ ટાંકણીઓ અને પ નું પ્રતિબિંબ ફરીથી એક જ સીધી લીટીમાં દેખાય. આરસી ઉઠાવી લઈ ય ર ને જોડીને લંબાવો. એ જ પ્રમાણે લ વ ને જોડીને લંબાવો. બન્ને કિરણો પ' આગળ છેદતાં હોય તો પ' એ પ નું પ્રતિબિંબ છે. આરસીથી પ અને પ' નું અંતર માપો.

પ પ' લીટી આરસીથી કાટખૂણે છે કે કેમ તે તપાસેા. એ જ પ્રમાણે પ ને જુદેજુદે અંતરે રાખી ફરીથી પ્રયેાગ કરેા.

[પ ના પ્રતિબિંબનું સ્થાન નિયત કરવા એક પરાવર્તકિરણ બસ થતું નથી. હમેશાં પરાવર્તનથી એક બિંદુનું જે પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન થાય તેનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે જે અનેક કિરણેા નીકળે છે તેમાંથી બે આપાતકિરણેા લેવાં પડે છે. જે કિરણેા પરાવર્ત થાય તેમને લંબાવતાં જ્યાં તે એકબીજાને છેદે છે, ત્યાં તે બિંદુનું પ્રતિબિંબ દેખાય છે. મેાટી વસ્તુ અનેક નાના બિંદુની બનેલી છે, એટલે દરેક બિંદુથી ઉત્પન્ન થયેલા પ્રતિબિંબેા આખી વસ્તુનાં પ્રતિબિંબની રચના કરે છે.]

(૨):—આરસીની સામે એક ચેાપડી રાખી અંદરના અક્ષર કેવા દેખાય છે તે જુએા.

એક કાગળ ઉપર શાહીથી જાડા અક્ષર લખી ઉપર શાહીચૂસ કાગળ દબાવેા. શાહીચૂસ કાગળની ઉપર અક્ષરેાની ઊલટી નિશાની થઈ હેાય તેને આરસી સામે રાખી જુએા. અક્ષર સુલટા કે ઊલટા દેખાય છે.

ઉપરના પ્રયેાગ (૧) માં બહારના પ્રકાશથી પ્રકાશિત થયેલી પીન પ માંથી જે કિરણેા નીકળે છે તે દરેક દિશામાં જાય છે. એમાંથી જે કિરણેા આરસી ઉપર પરાવર્ત થાય છે તે કિરણેા પ' માંથી નીકળતાં હેાય તેમ લાગે છે. પ' બિંદુ પ નું પ્રતિબિંબ છે. જો પ અને પ' ને જોડવામાં આવે તેા માલૂમ પડે છે કે પ' લીટી અ બ ઉપર લંબ હેાય છે અને પ ને પ' બિંદુએા આરસીથી એકસરખાં અંતરે હેાય છે. આ ઉપરથી આપણને બે નિયમેા મળે છે.

(૧) વસ્તુ અને તેનું પ્રતિબિંબ આરસી ઉપર વસ્તુમાંથી દેારેલા લંબ ઉપર જ પડે છે; અને (૨) વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ સરખા કદનાં છે અને આરસીથી સરખે અંતરે આવેલાં છે.

૫. અનેકગણાં પ્રતિબિંબો (Multiple Images).

પ્રયોગ (૧):—એકસરખી બે આરસી લઈને તેમની એક કોરને ગુંદરવાળો કાગળ લગાડી જોડી દો, કે જેથી તેમની પરાવર્ત કરતી બાજુ સામસામી આવે. એ બન્ને આરસીને (अ ब અને अ क) ને આકૃતિ (૧૭૩) મા બતાવ્યા મુજબ કાટખૂણે રાખો. આરસાની નીચે એક કાગળ રાખો. હવે प આગળ એક ઊભી ટાંકણી ખોસો. બન્ને આરસામાં એકસામટાં કેટલાં પ્રતિબિંબો દેખાય છે ?

(૨):—બન્ને આરસીની વચ્ચે અનુક્રમે ૬૦°, ૪૫°, ૩૦° એમ ખૂણા રાખી કેટલાં પ્રતિબિંબો દેખાય છે તે ઉપરની પેઠે પ્રયોગ કરી શોધી કાઢો.

આગળ જોયા તે નિયમો પ્રમાણે કાટખૂણ આરસી अ ब અને अ क ઉપર प માંથી લંબ દોરીએ તો प નાં પ્રતિબિંબો આરસાથી સરખે અંતરે પાછળ $प_1$ અને $प_2$ આગળ મળે છે. હવે $प_2$ પ્રતિબિંબ આરસા अ ब ની સામી બાજુએ હોવાથી તેનું એક બીજું પ્રતિબિંબ $प_3$ એ આરસી अ ब ને લીધે થાય છે. ब अ ने ब' સુધી વધારી $प_3$ ને ब ब' થી $प_2$ જેટલાં અંતરે મૂકીએ તો ત્રીજું પ્રતિબિંબ મળી આવે છે. એ જ પ્રમાણે अ क આરસા વડે $प_1$ પ્રતિબિંબને લીધે પણ બીજું એક પ્રતિબિંબ મળે છે અને તે $प_3$ ની જગ્યાએ જ આવવાથી પહેલાંના $प_2$ ના પ્રતિબિંબની જોડે મળી જાય છે. આમ બે આરસા કાટખૂણે હોય તો એક વસ્તુનાં ત્રણ પ્રતિબિંબો પડશે. પ્રયોગ (૧)માં આરસીને ગમે તે ખૂણાએ રાખી હોય તો અનેક પ્રતિબિંબો પડશે. પ્રતિબિંબો કેટલાં પડશે એ જાણવા માટે નીચેના નિયમ ઉપયોગી થઈ પડે છે.

આકૃતિ ૧૭૩.

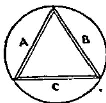
$$\text{પ્રતિબિંબોની સંખ્યા} = \left(\frac{૩૬૦}{\text{આરસીની વચ્ચેનો ખુણો}} - ૧ \right)$$

આ ઉપરથી જણાશે કે જો આરસીની વચ્ચેનો ખૂણો ૯૦° નો હોય તો પ્રતિબિંબોની સંખ્યા ૩ આવશે. ૬૦ નો ખૂણો હોય તો પ્રતિબિંબોની સંખ્યા ૫ આવશે અને જેમ ખૂણો નાનો થશે તેમ પ્રતિબિંબોની સંખ્યા વધતી જશે. જો બે આરસી સામસામી સમાંતર હોય તો એ બન્નેની વચ્ચેનો ખૂણો શૂન્ય થાય છે એટલે પ્રતિબિંબોની સંખ્યા અનંત (infinite) થશે.

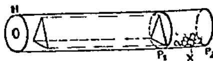
૬. કેલીડાસ્કોપ (**Kaleidoscope**). આકૃતિ (૧૭૪-અ) માં કેલિડાસ્કોપમાં ત્રણ એકસરખી A, B અને C આરસીને બતાવ્યા મુજબ એકમેકની સાથે ૬૦ ડીગ્રીનો ખૂણો કરે તેમ રાખેલી હોય છે. આકૃતિ (૧૭૪-અ) માં માત્ર એ આરસીનો આડ છેદ બતાવવામાં આવ્યો છે. ત્રણે આરસીને આકૃતિ (૧૭૪-બ) માં બતાવ્યા મુજબ એક ભૂંગળીમાં રાખવામાં આવેલી છે. ત્રણે આરસીની પરાવર્તન કરતી બાજુને અંદરના ભાગ તરફ રાખેલી છે. ભૂંગળીને એક છેડે એક નાનું કાણું H રાખેલું છે અને એક બીજો

આકૃતિ ૧૭૪.

(અ)



(બ)



છેડો દૂધિયા કાચ (ground glass) P_2 વડે બંધ કરેલો છે. દૂધિયા કાચની નજીક નળીની અંદર બીજો સાદો કાચ P_1 રાખેલો છે. એ

બે (P_1 અને P_2) કાચની વચ્ચે રંગીન કાચના ટુકડા X રાખેલા હોય છે. હવે જો દૂધિયાં કાચવાળો છેડા P_2 ને પ્રકાશ તરફ રાખીને બીજે છેડે H કાણામાંથી નળીમાં જોઈએ તો ત્રણ કાચવડે અનેકગણાં પ્રતિબિંબો દેખાય છે, અને તેથી ઘણી જ સુંદર અને વ્યવસ્થિત પ્રતિબિંબોથી રચાતી આકૃતિઓ નજરે પડે છે. નળીને ગોળ ફેરવતા જઈએ તેમ દરેક વખતે કાચના ટુકડાની નવીન પરિસ્થિતિને લીધે સાથિયાની પેઠે નવીન તરેહની સુવ્યવસ્થિત રચના નજરે પડે છે.

૭. વક્ર આરસા (Curved Mirrors). જો આરસીનું પૃષ્ઠ સપાટ ન હોય પરંતુ વક્ર (curved) હોય તો વસ્તુ અને તેનાં પ્રતિબિંબનાં સ્થાન જુદેજુદે સ્થળે આવે છે. વક્ર આરસીમાં પ્રતિબિંબ ક્યાં અને કેવી રીતે ઉદ્ભવે છે તે સમજવા પ્રથમ સપાટ આરસીના પરાવર્તનના નિયમો ધ્યાનમાં રાખવા જરૂરના છે. આરસીની સપાટી ઉપર ગમે તે દિશામાંથી એક કિરણ પડે તો તે કયી દિશામાં પરાવર્ત થશે તે શોધવા પ્રથમ સપાટીના આપાતબિંદુ (point of incidence)

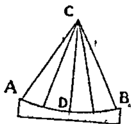
આકૃતિ ૧૭૫

(अ)



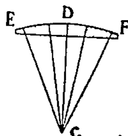
સપાટ પૃષ્ઠ
Plane surface

(ब)



અંતર્ગોળ પૃષ્ઠ
Concave surface

(क)



બહિર્ગોળ પૃષ્ઠ
Convex surface

આગળ લંબ (normal) દોરવો પડે છે અને સામી બાજુએ આપાતકોણ જેવડો ખૂણો કાઢી જે રેખા આવે તે પરાવર્તકિરણ બતાવે છે. એક કિરણ લંબની દિશામાં જ આરસી ઉપર પડે તો આપાતકોણ શૂન્ય હોવાથી એ કિરણ પાછું લંબની દિશામાં જ પરાવર્ત થાય છે. આપણે સપાટ, અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ એમ ત્રણ જાતનાં પૃષ્ઠો (surface) લઈએ અને તેના ઉપર જુદેજુદે ઠેકાણે લંબ દોરીએ તો એ વડે પૃષ્ઠો ઉપર આપાત થતાં કિરણો કેમ પરાવર્ત થશે તે શોધી કઢાશે.

આકૃતિ (૧૭૫–અ) માં સપાટ પૃષ્ઠ ઉપર જે કિરણો લંબ દિશામાં પડે છે તે સર્વ સમાંતર હોય છે અને આપાતકોણ શૂન્ય હોવાથી એ સર્વ કિરણો પાછાં એ જ માર્ગે પરાવર્ત (reflect) થાય છે. A B જેવી અંતર્ગોળ સપાટી (concave surface) ઉપર દરેક બિંદુએ લંબો દોરીએ તો તે સર્વ લંબો એ પૃષ્ઠના વર્તુલમધ્ય (centre of curvature) C આગળ મળશે. એ જ પ્રમાણે બહિર્ગોળ પૃષ્ઠ (convex surface) ની ઉપર પણ ઘણા લંબો દોરીએ તો તે પણ વર્તુલમધ્ય C આગળ મળશે. ફેર માત્ર એટલો જ કે અંતર્ગોળ પૃષ્ઠનું વર્તુલમધ્ય પૃષ્ઠની સામે આવે છે અને બહિર્ગોળ પૃષ્ઠનું વર્તુલમધ્ય સપાટીની પાછળ આવે છે.

એક પોલા ગોળા (sphere) ના બે નાના ભાગો કાપી કાઢવામાં આવે અને બન્ને ઉપર એવી રીતે ઢોળ ચઢાવવામાં આવે કે જેથી એકની ઊપસેલી બાજુ ચકચકિત (એટલે કે કિરણોને પરાવર્ત કરે તેવી) હોય અને બીજાની ઊંડી બાજુ ચકચકિત હોય, તો જેની ઊપસેલી બાજુ ઉપર પ્રતિબિંબ દેખાય તેને બહિર્ગોળ આરસો (convex mirror) અને જેની ઊંડી (અંતર્ગોળ) બાજુમાં પ્રતિબિંબ દેખાય તેને અંતર્ગોળ આરસો (concave

mirror) કહેવામાં આવે છે. એ બન્ને આરસા વડે કિરણોનું પરાવર્તન થવાથી પ્રતિબિંબ કેવી રીતે ઉદ્ભવે છે તે નીચે સમજાવ્યું છે.

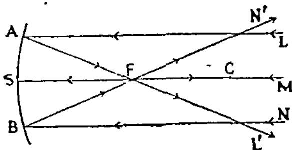
અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ આરસામાં પરાવર્તક (reflecting) પૃષ્ઠ ઉપરનું છે, અને નીચેની બાજુએ પારા અને જસતના મેળનું પૉલિશ કરવામાં આવે છે. આકૃતિ (૧૭૫) માં A B અને E F ને આરસાનો વ્યાસ (diameter) ગણવામાં આવે છે. A B ને અથવા E F ને દુભાગતી અને C માંથી પસાર થતી લીટી C D દોરીએ તેને આરસાની મુખ્ય ધરી (principal axis) કહેવામાં આવે છે. જે બિંદુ D આગળ, એ લીટી આરસાને મળે તેને આરસાનો ધ્રુવ (pole) કહેવામાં આવે છે. આરસાના કોઈ પણ બિંદુને તેના વર્તુલમધ્યની સાથે જોડનારી લીટીને વર્તુલત્રિજ્યા (radius of curvature) કહેવામાં આવે છે.

બન્ને આરસા C આગળ મધ્યબિંદુ હોય એવા ગોળાના નાના ભાગરૂપ હોય છે, એટલે C ને બન્ને આરસાનું વર્તુલમધ્ય (centre of curvature) કહેવામાં આવે છે.

૮. અંતર્ગોળ આરસો (Concave Mirror). અંતર્ગોળ આરસા વડે અમુક ઠેકાણે મૂકેલી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ક્યાં પડે છે તે હવે જોઈશું. પ્રથમ ધારો કે A B એક અંતર્ગોળ આરસો છે (આકૃતિ ૧૭૬) અને તેમાં C વર્તુલમધ્ય છે, S ધ્રુવ (pole) છે અને S M ધરી (axis) છે.

એના ઉપર L, M, N સમાંતર કિરણો અનુક્રમે A, S અને B આગળ પડે છે. જો C આરસાનું વર્તુલમધ્ય હોય તો C A C S અને C B લીટીઓ લંબ બને છે. એટલે L, M અને

આકૃતિ ૧૭૬.



કિરણો કયી દિશામાં પરાવર્ત થશે તે સહેલાઈથી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે શોધી કઢાશે. C અને A જોડીએ તો C A L આપાતકોણ (angle of incidence) થશે અને C A L' પરાવર્તનકોણ (angle of reflection) થશે અને તેથી L કિરણ A L' દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. M કિરણ માટે આપાતકોણ શૂન્ય છે, એટલે એ કિરણ પાછું S M દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. N કિરણ B N' દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. ત્રણે પરાવર્ત થયેલાં કિરણો ધરી (axis) ઉપર F આગળ એકબીજાંને છેદે છે, એટલે આપણે એમ કહીએ છીએ કે એ જગ્યાએ બધાં કિરણો કેન્દ્રિત થયાં છે. આ પ્રમાણે આરસા ઉપર ધરીને સમાંતર ગમે તેટલાં કિરણો (rays parallel to the axis) પડે તે સર્વે પરાવર્તન થયા પછી આ કેન્દ્ર F (क) માંથી પસાર થાય છે. આથી F (क) ને આરસાનું કેન્દ્ર (focus) કહેવામાં આવે છે. એ બિંદુ ધરી ઉપર S અને M ની લગભગ મધ્યમાં આવે છે. સૂર્યમાંથી આવતાં બધાં કિરણો સમાંતર હોય છે, કારણ કે એ કિરણો ઘણે દૂરથી આવે છે; એટલે, આરસાને સૂર્યની સામે ધરીએ તો સૂર્યનું પ્રતિબિંબ કેન્દ્ર (focus) F આગળ પડે છે. C ને આરસાનું વર્તુલમધ્ય (centre of curvature), અને F ને કેન્દ્ર (focus) કહેવામાં

આવે છે. S થી F ના અંતરને કેન્દ્રલંબાઈ (focal length) કહેવામાં આવે છે, અને S C અંતરને વર્તુલત્રિજ્યા (radius of curvature) કહેવામાં આવે છે.

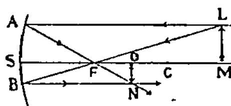
હવે ઉપર દર્શાવેલા પરાવર્તનના દૃષ્ટાંત ઉપરથી ત્રણ બાબત નક્કી થાય છે. (૧) એક કિરણ ધરી (axis) ને સમાંતર આવતું હોય તો તે પરાવર્ત થઈને કેન્દ્રમાંથી (focus) પસાર થાય છે; (૨) કિરણ જો વર્તુલમધ્ય (centre of curvature) માંથી પસાર થાય તો તે પાછું એ જ દિશામાં પરાવર્ત થાય છે; અને (૩) જો કિરણ કેન્દ્ર (focus) માંથી પસાર થઈને આરસા ઉપર પડે તો તે પરાવર્ત થઈને ધરીની સમાંતર જાય છે.

આ ત્રણ નિયમ ધ્યાનમાં રાખીએ તો આપણે ગમે ત્યાં એક વસ્તુ રાખી હોય તેનું પ્રતિબિંબ કયાં પડશે તે નક્કી કરી શકીશું અને એક વસ્તુને ઘણે દૂરથી નજીક લાવીએ તેમ તેના પ્રતિબિંબનાં સ્થળ, કદ અને પ્રકારમાં શો ફેરફાર થશે એ આપણે નિયત કરી શકીશું. નીચેની પાંચ આકૃતિ (૧૭૭) એ વડે જુદેજુદે સ્થળે મૂકેલી L M વસ્તુના કયાં અને કેવાં પ્રતિબિંબો ઉત્પન્ન થાય તે બતાવ્યું છે. L M વસ્તુમાંથી અનેક કિરણો આરસા ઉપર પડે છે (આકૃતિ ૧૭૭–અ). તેમાંથી આપણે L A (ધરીની સમાંતર) અને L B (કેન્દ્રમાંથી પસાર થતાં) એ બે કિરણો લેવાં પડશે. L A કિરણ પરાવર્ત થઈને F માં થઈને A N દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. L B કિરણ કેન્દ્ર (F) માંથી પસાર થાય છે એટલે તે પરાવર્ત થઈને પાછું ધરીની સમાંતર B N દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. એટલે બન્ને પરાવર્ત કિરણો N આગળ એકબીજાને

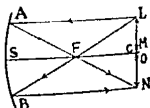
છેદે છે અને ત્યાં L નું પ્રતિબિંબ પડે છે. M નું પ્રતિબિંબ O આગળ પડે છે, અને L થી M ની વચ્ચેનાં દરેક બિંદુનું પ્રતિબિંબ અનુક્રમે N થી O વચ્ચેના બિંદુ આગળ પડે છે. જો LM વસ્તુ ધરીની ઉપર લંબ દિશામાં હોય તો વસ્તુનું આખું પ્રતિબિંબ NO આગળ

આકૃતિ ૧૭૭.

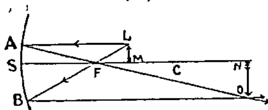
(अ)



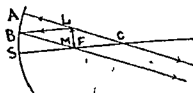
(ब)



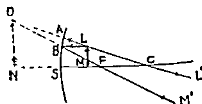
(क)



(ड)



(इ)



લંબ દિશામાં પડે છે. જો LM આગળ એક મીણબત્તી મૂકી હોય તેા તેનું પ્રતિબિંબ એક સફેદ કાગળ ઉપર NO આગળ મળી આવશે. આકૃતિ (૧૭૭–अ) ઉપરથી લાગે કે પ્રતિબિંબ ઉંધું છે અને વસ્તુના કદથી નાનું છે. એ પ્રતિબિંબને કાગળ ઉપર લઈ શકાય છે, કારણ કે બધાં કિરણેા એક જગ્યાથી પસાર થાય છે. આવી જાતનાં પ્રતિબિંબને ખરું પ્રતિબિંબ (real image) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૧૭૭ –ब અને –क) માં ઉપર પ્રમાણે કિરણેા લીધાં છે, પરંતુ આકૃતિ (૧૭૭ –ड અને –इ) માં LA કિરણ C માંથી પસાર થાય છે, એટલે તે કિરણેા તેની તે જ લીટીમાં પાછાં પરાવર્ત થાય છે. વળી આકૃતિ (૧૭૭ –ड) માં પરાવર્તન થયેલાં કિરણેા સમાંતર હેાવાથી એકબીજાંને છેદતાં નથી, એટલે એમાં પ્રતિબિંબ મળશે નહિ અને બધાં કિરણેા સમાંતર દિશામાં દૂર ચાલી જાય છે. આકૃતિ (૧૭૭–इ) માં કિરણેા એકબીજાંથી અપસારી (diverging) બને છે એટલે એ કિરણેાને પાછળ લંબાવીએ તેા તે બન્ને O આગળ મળે છે, એટલે ત્યાં L નું પ્રતિબિંબ આવે છે. એ પ્રમાણે ON પ્રતિબિંબ મળે છે.

એ પ્રતિબિંબ આભાસ પ્રતિબિંબ (virtual image) કહેવાય છે; કારણ કે એમાં કિરણેા એકબીજાંને મળતાં નથી, પરંતુ એ કિરણેા જાણે ON માંથી આવતા હેાય તેવેા ભાસ પડે છે. ખરાં પ્રતિબિંબને પડદા ઉપર લઈ શકાય છે; જ્યારે આભાસ પ્રતિબિંબને પડદા ઉપર લઈ શકાતું નથી. ખરું પ્રતિબિંબ ઘણુંખરું ઊલટું હેાય છે અને આભાસ પ્રતિબિંબ ઘણેભાગે સવળું હેાય છે.

સપાટ આરસામા પણ જો પ્રતિબિંબ દેખાય છે તે ખરું પ્રતિબિંબ હોતું નથી પરતુ પરાવર્ત કિરણો જાણે આભાસ પ્રતિબિંબમાથી આવતાં હોય તેમ લાગે છે.

ઉપર પ્રમાણે જુદેજુદે સ્થળે વસ્તુને રાખવાથી પ્રતિબિંબના જે ફેરફાર આકૃતિ (૧૭૭-अ, ब, क, ड, इ,) વડે બતાવેલા છે તે નીચેના કોષ્ટકમાં તારવી કાઢેલા છે.

	આકૃતિ	વસ્તુનુ સ્થળ	પ્રતિબિંબનું સ્થળ	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
૧	૧૭૬	અતિ દૂર	કેન્દ્ર Γ આગળ	સાચુ, ઊલટું અને નાનુ
૨.	૧૭૭-अ	વર્તુલમધ્ય C થી દૂર	કેન્દ્ર Γ અને વર્તુલમધ્ય C ની વચ્ચે	સાચુ, ઊલટું અને નાનુ
૩	૧૭૭-ब	વર્તુલમધ્ય C ઉપર	વર્તુલમધ્ય C આગળ	સાચુ, ઊલટુ અને સરખુ
૪	૧૭૭-क	વર્તુલમધ્ય C અને કેન્દ્ર Γ ની વચ્ચે	વર્તુલમધ્ય C થી દૂર	સાચુ, ઊલટુ અને મોટુ
૫	૧૭૭-ड	કેન્દ્ર Γ ઉપર	અતિ દૂર	અનિશ્ચિત (સમાતર કિરણો)
૬	૧૭૭-इ	કેન્દ્ર Γ થી નજીક	આરસા પાછળ	આભાસ (virtual), સૂલટુ અને મોટુ

સાચાં અને આભાસ પ્રતિબિંબો વચ્ચેનો તફાવત
(Difference between Real and Virtual Images)

સાચું પ્રતિબિંબ.	આભાસ પ્રતિબિંબ.
૧. એને પડદા ઉપર સ્વીકારીને જોઈ શકાય છે.	૧. એને પડદા ઉપર લઈ શકાતું નથી.
૨. ઘણુખરું ઊલટું (inverted) હોય છે.	૨. ઘણુખરું સૂલટું (errect) હોય છે.
૩. જે જગ્યાએ પ્રતિબિંબ પડે તેમાંથી કિરણો ખરેખરાં પસાર થાય છે.	૩. પ્રતિબિંબમાંથી કિરણો પસાર થતાં નથી, પરંતુ જો કિરણો ને પાછળ લંબાવવામાં આવે તો તે પ્રતિબિંબમાંથી પસાર થાય છે.

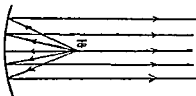
ઉપરના પ્રતિબિંબના આકાર અને પ્રકાર વગેરે નીચેના પ્રયોગ વડે નિયત થશે.

પ્રયોગઃ—(૧) એક અંતર્ગોળ આરસાને સૂર્યની સામે ધરો. સૂર્યનું પ્રતિબિંબ ક્યાં આવે છે તે આરસાની સામે એક સફેદ કાગળ રાખી શોધી કાઢો. આરસાથી પ્રતિબિંબનું અંતર આપો. એ અંતર આરસાની કેન્દ્રલંબાઈ ક છે. ઉપર પ્રમાણે દૂરનું કોઈ મકાન કે ઝાડનું પ્રતિબિંબ મેળવો અને તેમના પ્રતિબિંબનાં અંતર, કદ અને આકારની નોંધ ઉપરના કોઠા (૧) માં બતાવ્યા મુજબ કરો.

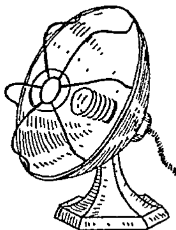
(૨) ઉપરના આરસાની સામે એક મીણબત્તી અનુક્રમે (૧) વર્તુલમધ્યથી દૂર, (૨) વર્તુલમધ્ય આગળ, (૩) વર્તુલમધ્ય અને કેન્દ્રની વચ્ચે, (૪) કેન્દ્ર ઉપર, અને (૫) કેન્દ્ર અને આરસાની વચ્ચે મૂકો અને તેનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ એક સફેદ કાગળ ઉપર પ્રત્યેક વખતે મેળવો. મીણબત્તીનાં પ્રતિબિંબનાં અતર, કદ અને પ્રકાર વિષેની નોંધ અનુક્રમે ઉપરના કોઠામાં (૨), (૩), (૪), (૫) અને (૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કરો.

૯. પરાવર્તક (Reflector). આકૃતિ (૧૭૮–अ) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક દીવો क ઉપર રાખીએ તો તેનાં કિરણો આરસાથી પરાવર્ત થઈને સમાંતર ચાલ્યાં જશે અને પ્રકાશ ઘણે લાંબે દૂર સુધી પહોંચશે. આ કારણને લીધે દીવાના પ્રકાશને ઘણે લાંબે સુધી અને તેજદાર મોકલવો હોય તો અંતર્ગોળ પરાવર્તક (reflector) ના કેન્દ્ર આગળ દીવાને રાખવામાં આવે છે (આકૃતિ ૧૭૮–ब). મોટરના પરાવર્તક, ટૉર્ચ બૅટરીના પરાવર્તક, વગેરેમાં આવી જાતના અંતર્ગોળ આરસા રાખવામાં આવે છે. આગગાડીના ઍંજિનની સાથે પણ આવા પરાવર્તક રાખેલા હોય છે, અને તેથી માઈલો સુધીના સીધા રસ્તા ઉપર પ્રકાશ પડે છે. સારા પરાવર્તક અંતર્ગોળ હોય છે, પરંતુ હમેશાં વર્તુલાકાર ન હોતાં ઘણી વાર પરવલયાકાર (parabolic) હોય છે. એનું કેન્દ્ર ધરી ઉપર અમુક અંતરે આવેલું હોય છે અને ત્યાં દીવો મૂકતાં બધાં કિરણો બિલકુલ સમાંતર થઈને પરાવર્ત થાય છે. અંતર્ગોળ (વર્તુલાકાર) આરસામાં પ્રકાશનાં બધાં કિરણો તદ્દન સમાંતર થતાં નથી.

આકૃતિ ૧૭૮–अ.



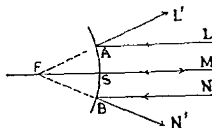
આકૃતિ ૧૭૮–ब.



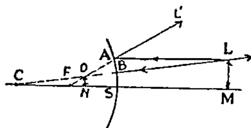
૧૦. વિપુલદર્શક આરસો (Magnifying Mirror). અંતર્ગોળ આરસો આપણા ચહેરાને મોટો જોવા વપરાય છે. આકૃતિ (૧૭૭-ઈ) માં માલૂમ પડે છે કે જો કોઈ વસ્તુ આરસાનાં કેન્દ્રથી નજીક આવે તો તેનું પ્રતિબિંબ આરસાની પાછળ જાય છે અને સૂલટું અને મોટું થયેલું હોય છે. આથી જ્યારે અંતર્ગોળ કાચની ઘણી નજીકથી જોઈએ ત્યારે આપણું મુખ મોટું થયેલું અને સૂલટું જણાય છે. આવા આરસાને હજામત કરવાનો આરસો (shaving mirror) પણ કહેવાય છે.

૧૧. બહિર્ગોળ આરસામાં પ્રતિબિંબ. આકૃતિ (૧૭૯) માં બતાવેલા બહિર્ગોળ આરસા ઉપર પણ જો L, M અને N ત્રણ કિરણો ધરીની સમાંતર દિશામાં પડે તો તે પાછાં A L', S M અને B N' ની દિશામાં પરાવર્ત થશે. એ કિરણો પરાવર્ત થઈને અપસારી (diverging) થઈ જાય છે, એટલે આરસાની સામી બાજુએ એકમેકને મળતાં નથી; પરંતુ તેને પાછળ લંબાવીએ તો F આગળ એકબીજાંને છેદે છે અને જાણે સર્વ કિરણો F માંથી નીકળતાં હોય તેવો ખ્યાલ આપે છે. આથી F ને કેન્દ્ર (focus) કહેવાય છે અને તે ધ્રુવ અને વર્તુલમધ્યની બરાબર વચ્ચે હોય છે.

આકૃતિ ૧૭૯.



આકૃતિ (૧૮૦) માં L M વસ્તુથી O N પ્રતિબિંબ કેમ ઉત્પન્ન થાય એ સમજાય છે. L A કિરણ A L' તરફ પરાવર્ત.



આકૃતિ ૧૮૦.

થાય છે અને LB કિરણ વર્તુલમધ્ય C તરફ જતું હોવાથી પાછું એ જ માર્ગે પરાવર્ત થાય છે. A L' અને B L કિરણોને પાછળ લંબાવીએ તો તે O માંથી નીકળતાં હોય તેમ લાગે છે. એટલે L M નું O N આગળ પ્રતિબિંબ સ્થાય છે. આરસીની સામે કોઈ પણ અંતરે L M વસ્તુ હોય તોપણ પ્રતિબિંબ નાનું, સૂલટું, આભાસ (virtual) અને F અને S ની વચ્ચે જ હોય છે.

૧૨. **બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ અરસાનાં પ્રતિબિંબ ગણતરીથી શોધવાનો નિયમ.** ધારો કે આરસાના ધ્રુવ S (pole) થી એક વસ્તુનું અંતર u (अ) હોય, અને આરસાની કેન્દ્રલંબાઈ (focal length) f (क) હોય તો તેનું પ્રતિબિંબ ક્યાં પડશે એ નીચેના નિયમથી શોધી કઢાશે. ધારો કે પ્રતિબિંબનું અંતર v (व) છે.

$$\frac{1}{u}+\frac{1}{v}=\frac{1}{f}\ ;\ \frac{१}{अ}+\frac{१}{व}=\frac{१}{क},$$

જેમાં,

u = distance of object ; अ = વસ્તુનુ અંતર
v = distance of image ; व = પ્રતિબિંબનું અતર
f = focal length ; क = કેન્દ્રલંબાઈ

ઉપરનો નિયમ બન્ને આરસાને લાગુ પડે છે, પરંતુ એમાં

u (अ), v (व) અને f (क) નું મૂલ્ય મૂકવું હોય ત્યારે તેની સંજ્ઞા (sign) ધ્યાનમાં લઈને મૂકવું પડશે.

બન્ને આરસામાં વસ્તુનું અંતર u (अ) હમેશાં ધન, (positive) લેવામાં આવે છે અને આરસાથી વસ્તુ તરફનું દરેક અંતર સત્ય લેવાય છે. એનાથી બીજી બાજુનું અંતર ઋણ (negative) લેવામાં આવે છે. આથી અંતર્ગોળ આરસામાં f (क) અને u (अ) હમેશાં ધન (positive) હોય છે અને માત્ર છેલ્લી વખતે જ્યારે u (अ) અંતર f (क) થી ઓછું થાય છે, ત્યારે જ પ્રતિબિંબ આરસાની પાછળ જાય છે અને v (व) ઋણ ગણાય છે. બહિર્ગોળ આરસામાં u (अ) ધન અને f (क) ને v (व) હંમેશાં ઋણ (negative) હોય છે. ઉપરનાં સમીકરણ (equation) માં જો બે મૂલ્ય જાણતા હોઈએ તો તેને તેની સંજ્ઞા (sign) સાથે મૂકવાથી ત્રીજી સંખ્યાનું મૂલ્ય આપોઆપ તેની સંજ્ઞા (sign) સાથે મળી આવશે; એટલે પ્રતિબિંબ આરસાની સામે કે પાછળ પડશે તે અથવા કેન્દ્રલંબાઈ ધન કે ઋણ હોય તે પણ માલૂમ પડશે. ધન (positive) કેન્દ્રલંબાઈ (focal length) આવી તો જાણવું કે એ અંતર્ગોળ આરસો છે અને ઋણ (negative) કેન્દ્રલંબાઈ મળી તો જાણવું કે તે આરસો બહિર્ગોળ છે.

૧૩. अ, व, અને क ના દૃષ્ટાંત (**Examples of u, v, and f**). એક આરસાની કેન્દ્રલંબાઈ f (क) (focal length) ૧૫ સેમિ. છે. અને વસ્તુને અનુક્રમે ૪૦, ૩૦, ૨૫, ૨૦, ૧૫, ૧૦ સેમિ. જેટલાં અંતરે મૂકી તેના પ્રતિબિંબનાં અંતર શોધી કાઢવાં છે. હવે આરસો અંતર્ગોળ હોઈ શકે અથવા બહિર્ગોળ પણ હોઈ શકે એટલે પ્રથમ અંતર્ગોળ આરસો લઈએ.

અંતર્ગોળ આરસો :—એમાં u (अ) અને f (क) સત્ય (positive) છે.

સમીકરણને સાદું રૂપ આપીએ તો $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$; $\frac{१}{व} - \frac{१}{क} = \frac{१}{अ}$

અથવા, $v = \frac{u \times f}{u - f}$; $व = \frac{अ \times क}{अ - क}$ થશે.

f (क) = ૧૫ મૂકીએ તો, $v = \frac{u \times 15}{u - 15}$; $व = \frac{अ \times १५}{अ - १५}$.

આની અંદર u (अ) નાં જુદાંજુદાં મૂલ્ય મૂકીએ તો v (व) નાં મૂલ્ય અનુક્રમે, ૨૪, ૩૦, ૩૭½, ૬૦ ∞ (infinite), અને (−૩૦) સેમિ. આવશે. આ ઉપરથી લાગે છે કે u (अ) જ્યારે ૧૫ સેમિ. હોય, એટલે કેન્દ્રલંબાઈ જેટલું હોય, ત્યારે પ્રતિબિંબ અતિ દૂર (infinite) ચાલ્યું જાય છે અને u (अ) કેન્દ્રલંબાઈથી ઓછું હોય તો પ્રતિબિંબ (− ૩૦) સેમિ. અંતરે આરસાની પાછળ આવે છે.

બહિર્ગોળ આરસો :—એમાં u (अ) સવ્ય (positive) અને f (क), અપસવ્ય (negative) છે. એટલે

$$v = \frac{u \times (-15)}{u - (-15)} = \frac{-15\,u}{u + 15}$$

$$व = \frac{अ \times (-१५)}{अ - (-१५)} = \frac{-(अ \times १५)}{अ + १५}$$

અને v (व) નું મૂલ્ય અનુક્રમે − ૧૦$\frac{૧૦}{૧૧}$, − ૧૦, − ૯$\frac{૩}{૮}$, − ૮ $\frac{૪}{૭}$, − ૭½, અને ૬ સેમિ. આવશે. આથી માલૂમ પડે છે કે પ્રતિબિંબ હમેશાં આરસાની પાછળ જ પડે છે.

સાર

૧. વસ્તુ ઉષ્ણ થાય ત્યારે ઘણે ભાગે તેમાંથી પ્રકાશ ઉત્પન્ન થાય છે. પ્રકાશનાં કિરણો અવકાશમાં ચારે બાજુ પ્રસરે છે. પારદર્શક વસ્તુમાંથી એ કિરણો પસાર થાય છે, અર્ધ પારદર્શકમાંથી થોડાં પસાર થાય છે અને અપારદર્શક વસ્તુમાંથી પસાર નથી થતાં. આથી પ્રકાશના માર્ગમાં આવતી અપારદર્શક વસ્તુનો પડછાયો પડે છે. પૃથ્વીના સૂર્યથી પડતાં પડછાયામાં ચંદ્ર દાખલ થાય ત્યારે ગ્રહણ થઈ દેખાતો બધ થાય છે.

૨. જે વસ્તુમાંથી પ્રકાશ આપમેળે નીકળે તેને આંખવડે જોઈ શકાય છે, અપારદર્શક અથવા અર્ધપારદર્શક વસ્તુને તેમના ઉપર પડતાં બહારનાં પ્રકાશનાં કિરણોનાં થનાં પરાવર્તનને લીધે જોઈ શકાય છે. ચકચકિત લીસી સપાટીમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ દેખાય છે, કારણ કે તેમાંથી કિરણો અમુક જ દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. ખરબચડી વસ્તુમાંથી કિરણો ગમે તે દિશામાં પરાવર્તન થાય છે અને તેથી તે વસ્તુ નજરે પડે છે. એને અનિયમિત કહેવામાં આવે છે.

૩. પરાવર્તન થતા પ્રકાશનું આપાતકિરણ અને પરાવર્તકિરણ લંબની સામસામી દિશામાં હોય છે, અને બન્નેના લંબ સાથેના કોણ (આપાતકોણ, angle of incidence અને પરાવર્તનકોણ, angle of reflection) સરખા થાય છે. આપાતકિરણ, લંબ અને પરાવર્તકિરણો એક જ સપાટીનાં હોય છે.

૪. સપાટ આરસીમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ આભાસી હોય છે, અને આરસીથી બીજી બાજુ વસ્તુથી આરસીના જેટલાં જ અંતરે આવેલું હોય છે અને વસ્તુમાંથી આરસી ઉપર દોરેલા લંબ ઉપર તે પ્રતિબિંબ હોય છે. ૨

૫. એક ગોળાના નાના પૃષ્ઠનો ઊપસેલો ભાગ ચકચકિત અને પરાવર્ત કરતો હોય તો તેને બહિર્ગોળ આરસો (convex mirror) કહેવામાં આવે છે. ખાડાવાળો ભાગ પરાવર્ત કરતો હોય તો તેને અંતર્ગોળ આરસો (concave mirror) કહેવામાં આવે છે. જે ગોળામાંથી એ આરસાનું પૃષ્ઠ લીધેલું છે, તેના મધ્યને આરસાનું વર્તુલમધ્ય (centre of curvature) કહેવામાં આવે છે. આરસાનાં વચ્ચેનાં બિંદુને અને વર્તુલમધ્યને જોડતી લીટીને ધરી (axis) કહેવામાં આવે છે. ધરીની સમાંતર આવતાં કિરણો આરસામાંથી પરાવર્ત થતાં જે બિંદુ આગળ કેન્દ્રિત થાય અથવા તેમ થતાં દેખાય તો તે બિંદુને આરસાનું કેન્દ્ર (focus) કહેવામાં આવે છે. એ બન્ને આરસા વડે ઉત્પન્ન થતાં પ્રતિબિંબ અને તેના નિયમો કોષ્ટક (પા. ૩૭૪)માં તેમજ ફકરા (૧૩) માં બતાવ્યા છે. અંતર્ગોળ આરસાનો ઉપયોગ પરાવર્તક તરીકે અને વિપુલદર્શક આરસા તરીકે થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) પ્રકાશનાં પરાવર્તનના કાયદા કેમ પુરવાર કરશો ?

(૨) સપાટ આરસીમાં પ્રતિબિંબ ક્યાં, કેવું અને કેવડું પડે છે તે આકૃતિ પાડી બતાવો.

(૩) અંતર્ગોળ આરસાનો ઉપયોગ શો ? તડકામાં મૂકેલાં એક મોટા અંતર્ગોળ આરસા વડે અગ્નિ કેમ પેદા કરી શકાય ?

(૪) અંતર્ગોળ આરસાનું કેન્દ્ર ક્યાં આવે છે અને કેમ શોધાય છે ?

(૫) આરસાનું વર્તુલમધ્ય અને કેન્દ્ર વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવો.

(૬) એક વસ્તુને અંતર્ગોળ આરસાના વર્તુલમધ્યમાંથી સહે જ દૂર મૂકીએ તો એનું પ્રતિબિંબ ક્યાં, કેવું અને કેવડું પડશે ?

(૭) અંતર્ગોળ આરસામાં ઘણે નજીકથી જોઈએ તો કેવા પ્રકારનું પ્રતિબિંબ પડશે ?

(૮) આભાસ (virtual) અને સાચાં (real) પ્રતિબિંબનો ફેર શો ?

(૯) વસ્તુનાં અને પ્રતિબિંબનાં અંતર અને કેન્દ્રલંબાઈ (focal length) નો શું સંબંધ છે ? સંજ્ઞા (sign) ને માટે શું નિયમ છે ?

(૧૦) બહિર્ગોળ આરસા વડે પડતું વસ્તુનું પ્રતિબિંબ આકૃતિ વડે બનાવો. એનાથી વિપુલ થયેલું (enlarged) અને ઊલટું પ્રતિબિંબ દેખાશે કે ?

(૧૧) અંતર્ગોળ આરસા વડે (૧) નાનું અને સાચું, (૨) મોટું અને સાચું, અને (૩) આભાસ પ્રતિબિંબ ક્યારે દેખાય છે ?

(૧૨) એક બહિર્ગોળ આરસાની કેન્દ્રલંબાઈ ૨૫ સેમિ. છે અને પ્રતિબિંબ ૧૦ સેમિ. અંતરે છે તો વસ્તુ ક્યાં મૂકેલી હશે ? પ્રતિબિંબ કેવા પ્રકારનું હશે ?

(૧૩) અંતર્ગોળ આરસાની કેન્દ્રલંબાઈ ૩૦ સેમિ. છે અને વસ્તુને ૨૦ સેમિ દૂર મૂકીએ તો પ્રતિબિંબ ક્યાં, કેવું અને કેવડું હશે ?

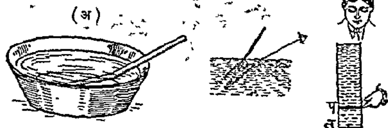
(૧૪) અંતર્ગોળ આરસા વડે એક મીણબત્તીનું પ્રતિબિંબ કાગળ ઉપર લેતાં એક જ કદનું જણાય છે. તો પ્રતિબિંબ અને વસ્તુનું અંતર કેટલું ?

પ્રકરણ ૨૦

વક્રીભવન (Refraction)

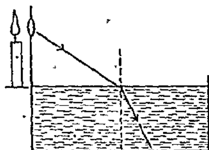
૧. વક્રીભવન (Refraction). પ્રયોગ (૧) :—આકૃતિ (૧૮૧ 'अ, ब') માં બતાવ્યા મુજબ એક લાકડી પાણીમાં ત્રાંસી રાખી દાખલ કરો. લાકડી પાણીની સપાટી આગળ વાંકી વળેલી લાગે છે. કારણ શું?

આકૃતિ ૧૮૧.



(૨) :—એક ખાલી નળાકાર પાત્રમાં એક સિક્કો નાંખો. ઉપરથી જોઈને તળિયાથી ઊંડાઈનો આશરો કાઢો. હવે પાત્રને પાણીથી ભરી દો, અને ફરીથી સિક્કો કેટલે ઊંડે દેખાય છે તેની આકૃતિ (૧૮૧–क) માં બતાવ્યા પ્રમાણે નોંધ કરો. તળિયું त થી प સુધી ઊંચે આવેલું માલૂમ પડે છે. કારણ શું ?

આકૃતિ ૧૮૨–अ.

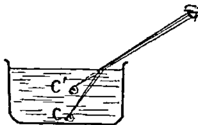


(૩) :—એક જાડું કાગળનું પુઠું લો અને તેમાં એક બારીક કાણું પાડીને તેની સામે એક મીણબત્તી અથવા પ્રકાશિત (બેટરીનો) વીજળીનો દીવો રાખો. એ કાણામાંથી નીકળતો પ્રકાશ સીધી લીટીમાં જાય છે તેની ખાતરી કરવા દીવાની બીજી બાજુએ

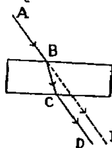
ચાકના ડસ્ટર (duster) ને ઝાટકો આકૃતિ (૧૮૨–અ). ચાકનાં બારીક રજકણો હવામાં ઊડે તે પ્રકાશના કિરણનો માર્ગ બતાવશે. હવે એ પ્રકાશનુ કિરણ વાસણનાં તળિયામાં પડે તેમ એક કાચનાં વાસણને ગોઠવો. વાસણને લગભગ પુરેપુરું પાણીથી ભરો. (પાણીમાં ફ્લોરેસિન [flourescin] નામનો રંગ ભેળવાથી તેમાંથી પસાર થતાં પ્રકાશનાં કિરણનો માર્ગ બહુ સ્પષ્ટ રીતે બતાવે છે). પાણીની સપાટી આગળ કિરણ વાંકું વળ્યું છે અને તેના માર્ગની દિશા બદલી છે તેની નોંધ કરો. વાસણનાં તળિયામાં સફેદ કાગળ રાખી એ કિરણ વાસણમાં હોય ત્યારે અને પાણી ન હોય ત્યારે ક્યાં પડે તેની નોંધ કરો.

(૪):—આકૃતિ (૧૮૨–બ) માં બતાવ્યા મુજબનુ એક ખાલી અને અપારદર્શક વાસણ લો. વાસણની એક બાજુ તળિયામાં એક સિક્કો C નાખો અને તમારી આંખ એવી જગ્યાએ ગોઠવો કે જેથી સિક્કો દેખાતો બંધ થાય, પરંતુ સહેજ ઊંચેથી જોતાં તરત જ દેખી શકાય. હવે આંખને જગ્યાએ સ્થિર રાખીને વાસણમાં પાણી રેડો. હવે સિક્કો C' આગળ હોય તેમ લાગે છે તેથી જોઈ શકાય છે. કારણ શું?

આકૃતિ ૧૮૨–બ.



આકૃતિ ૧૮૨–ક.



(૫):—એક બૅટરીના પ્રકાશની વચ્ચે જાડું પુઠું રાખી તેમાંથી એક કાણા વડે એક AB કિરણ મેળવો. એ કિરણની વચ્ચે હવા સિવાય બીજું કોઈ માધ્યમ (medium) ન હોય તો તુટક લીટીથી બતાવ્યા મુજબ A થી B' તરફ જશે પ્રકાશનાં કિરણનો માર્ગ જોવા ઓરડો અંધારો રાખી વચ્ચે બારીક ધૂળ, ધુમાડો કે ચાકનો ભૂકો હવામાં ઉડાડવો. હવે એ કિરણની વચ્ચે આકૃતિ (૧૮૨–ક) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચનું સમાંતર બાજુવાળું ચોસલુ રાખો.

હવે A B કિરણ કાચમાં B C દિશામાં જઈ પાછું હવામાં C D દિશામાં જતુ માલૂમ પડશે. એ કિરણ B અને C આગળ દિશા બદલે છે.

ઉપરના પ્રયોગો વડે સમજાય છે કે પ્રકાશનાં કિરણો હવામાંથી બીજાં કોઈ પારદર્શક માધ્યમમાં ત્રાંસાં દાખલ થાય તો દિશા બદલે છે. પ્રયોગ (૧) માં લાકડી વાંકી લાગે છે, કારણ કે લાકડીનાં પ્રત્યેક બિંદુમાંથી પાણીની બહાર હવામાં આવતાં કિરણો પાણીની સપાટી આગળ વાકાં વળે છે. આથી આપણને એવો ભાસ થાય છે કે એ કિરણો સહેજ ઊંચી જગ્યાએથી આવે છે. પરિણામે પાણીની અંદરની લાકડીનો ભાગ ઊંચે આવેલો માલૂમ પડે છે અને તેથી લાકડી વાંકી દેખાય છે. આવા જ કારણથી પાણીથી ભરેલાં વાસણનું તળિયું અને પાણીમાં નાંખેલો સીક્કો ઊંચે આવેલાં લાગે છે (પ્રયોગ ૨ અને ૪).

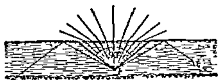
પ્રયોગ (૩) માં પ્રકાશનું કિરણ હવામાંથી પાણીની અંદર ત્રાંસું દાખલ થાય તો તે સ્થળાંતર થાય છે. એનું કારણ પણ પાણીમાં દાખલ થતાં કિરણનું વાંકું વળવું તે જ છે. એ કિરણ પાણીની સપાટી ઉપર લંબ દિશામાં પડે તો તે જ દિશામાં પસાર થાય છે.

પ્રયોગ (૫) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે એક કિરણ હવામાંથી કાચ જેવાં ઘટ્ટ માધ્યમ (medium) માં દાખલ થાય છે ત્યારે તે B આગળ વાંકું વળીને કાચમાં બીજી એક સીધી લીટીની દિશા (B C) માં ગતિ કરે છે (આકૃતિ ૧૮૨–ક). C આગળ કાચમાંથી હવામાં નીકળે ત્યારે એ કિરણ પાછું વાંકુ વળીને બહાર નીકળે છે. કાચમાં દાખલ થતું કિરણ નીચે વળે છે, અને કાચમાંથી હવામાં નીકળતી વખતે ઊંચે વળે છે. કાચમાંથી પસાર થઈ નીકળેલું C D કિરણ A B B' કિરણની સમાંતર જ હોય છે. આમ

પાતળાં માધ્યમ (હવા) માંથી ઘટ્ટ માધ્યમ (કાચ) માં દાખલ થતાં, અને તેથી ઊલટું થતાં પણ, પ્રકાશનું કિરણ બે માધ્યમની સપાટી આગળ દિશા બદલે છે.

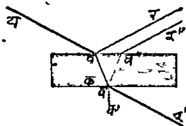
પાણીમાં ફ્લોરેસિન રગ નાંખીને તેમાં એકાદ પ્રકાશિત વસ્તુને (બૅટરીના દીવાને) આકૃતિ (૧૮૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે રાખીએ તો એમાંથી નીકળતાં કિરણો બતાવ્યા પ્રમાણે વક્ર થઈને નીકળશે અને કેટલાંક કિરણો બિલકુલ બહાર આવશે નહિ.

આકૃતિ ૧૮૩



આ ઉપરથી એમ લાગે છે કે જ્યારે એક જ માધ્યમ (medium) મા પ્રકાશનાં કિરણો જતાં હોય ત્યારે સીધી લીટીમાં જ જાય છે, પરંતુ એક માધ્યમમાંથી બીજા માધ્યમમાં જાય ત્યારે એ કિરણો સહેજ દિશા બદલીને બીજાં માધ્યમમાં બીજી સીધી લીટીમાં પ્રસરે છે. દાખલા તરીકે, પાણીમાંથી કિરણો હવામા આવે અથવા હવામાંથી પાણીમાં જાય તો કિરણની દિશા બન્ને માધ્યમની સપાટી આગળ બદલાય છે. આ ઘટનાને વક્રીભવન (refraction) કહેવામાં આવે છે. માત્ર કિરણો બે માધ્યમની સપાટી ઉપર લંબ દિશામાં પડે તો જ દિશા બદલતાં નથી.

આકૃતિ ૧૮૪.



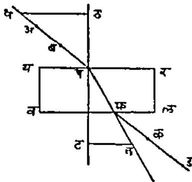
ધારો કે કાચના એક સમાંતર બાજુવાળા ટુકડામાં य व કિરણ હવામાંથી व આગળ દાખલ થાય છે (આકૃતિ ૧૮૪). એ કિરણનું व આગળ વક્રીભવન થાય છે,

એટલે કાચમાં य व દિશાને બદલે व व' દિશામાં મુસાફરી કરે છે. આ ઉપરાંત व સપાટી આગળ કેટલોક પ્રકાશ પરાવર્ત થવાથી व र દિશામાં જાય છે, પરંતુ મોટા ભાગનો પ્રકાશ व व' તરફ જ જાય છે. व' આગળ પણ કિરણ व व' નું વક્રીભવન થાય છે અને તેથી મોટા ભાગનો પ્રકાશ व' र' તરફ વક્રીભૂત થાય છે. કેટલોક પ્રકાશ व' આગળ પરાવર્ત (reflect) થઈને व व'' તરફ જાય છે અને ત્યાંથી પાછો વક્રીભવન થઈને व'' र'' તરફ જાય છે. य व કિરણ આપાતકિરણ (incident ray) કહેવાય છે અને व व' વક્રીભૂતકિરણ (refracted ray) કહેવાય છે.

જો य व કિરણની વચ્ચે કાચની તકતી ન હોત તો તે સીધી લીટીમાં ચાલી ગયું હોત. કાચની તકતી વચ્ચે આવવાથી એ કિરણ કાચની અંદર व व' દિશામાં મુસાફરી કરે છે અને व' આગળ હવામાં બહાર નીકળી व' र' દિશામાં ગતિ કરે છે. य व અને व' र' સમાંતર લીટીઓ છે એટલે કાચમાં થઈને બહાર નીકળતું કિરણ પ્રથમ કિરણની સમાંતર દિશામાં જ નીકળે છે, પરંતુ થોડું સ્થળાંતર થાય છે. આ ઉપરથી પ્રયોગ (३) ની ઘટના સમજાય છે. કાચની બન્ને સપાટી આગળ થોડા પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે.

૨. **વક્રીભવનના નિયમો.** પ્રયોગઃ—કાચનો એક મોટો લંબચોરસ ઘન લઈને આકૃતિ (૧૮૫) માં બતાવ્યા મુજબ अ અને ब બે પિન મૂકો અને એની સામે બાજુ क અને ड બે બીજી પિન એવી રીતે મૂકો કે જેથી સામસામી બાજુએથી કાચમાં જોઈએ તો अ ब અને क ड એક જ સીધી લીટીમાં દેખાય. એ ઘનની य, व, र, ल બાજુને નોંધો. ઘનને ઉપાડી લઈ अ ब ને જોડી य र બાજુને प આગળ મળવા દો અને क ड ને જોડી ड ह ज

આકૃતિ ૧૮૫.



ફ આગળ મળવા દો. પ આગળ ટ ઠ લંબ દોરો ∠ અ પ ઠ = આપાત કોણુ અને ∠ ટ પ ફ = વક્રીભવનકોણુ છે. અ પ અને પ ફ લીટી ઉપર થ પ = ત પ લંબાઈ લો અને ટ ઠ લીટી ઉપર ત ટ અને થ ઠ બે લંબ દોરો. હવે થ ઠ લંબાઈ અને ત ટ લંબાઈનો ગુણોત્તર (ratio) 'થ ઠ/ત ટ' શોધી કાઢો. અ અને વ ટાંકણીને જુદેજુદે સ્થળે મૂકી ફરીથી આ જ પ્રયેાગ કરો અને 'થ ઠ/ત ટ' ગુણોત્તરનું મૂલ્ય કાઢો. એ ઉપરથી માલૂમ પડશે કે એ ગુણોત્તર એકમૂલ્ય (constant) આવશે. આ ગુણોત્તરને કાચનો વક્રીભવનાંક (refractive index) કહેવામાં આવે છે. જુદીજુદી વસ્તુનો વક્રીભવનાંક જુદો હોય છે, પરંતુ એક જ વસ્તુનો વક્રીભવનાંક એક પરિસ્થિતિમાં તેનો તે જ રહે છે.

આને ઘણીવાર સ્નેલનો નિયમ (Snells' law) અથવા સાઈન નિયમ (Sine law) કહેવામાં આવે છે કારણ કે,

$$\text{Refractive index} = \frac{\text{Sin (i)}}{\text{Sin (r)}} \quad ; \quad \text{વક્રીભવનાંક} = \frac{\text{સાઈન (આ)}}{\text{સાઈન (વ)}}$$

ઉપરના પ્રયોગમાં જુદાંજુદાં કિરણો અને ખૂણાને નીચે પ્રમાણે ઓળખી શકાય છે.

અ વ = આપાતકિરણુ (incident ray)

પ ફ = વક્રીભૂતકિરણુ (refracted ray)

ક ડ = બહિર્ગતકિરણુ (emergent ray)

∠ અ પ ઠ = આ = i = આપાતકોણુ (angle of incidence)

∠ ટ પ ફ = વ = r = વક્રીભવનકોણુ (angle of refraction)

sin (i) = સાઈન (આ) = $\frac{\text{થ ઠ}}{\text{થ પ}}$; અને sin (r) = સાઈન (વ) = $\frac{\text{ત ટ}}{\text{ત પ}}$

આથી, વક્રીભવનાંક = $\frac{\text{થ ઠ}}{\text{થ પ}} \div \frac{\text{ત ટ}}{\text{ત પ}} = \frac{\text{થ ઠ}}{\text{થ પ}} \times \frac{\text{ત પ}}{\text{ત ટ}}$

પરંતુ થ પ = ત પ હોવાથી, વક્રીભવનાંક = $\frac{\text{થ ઠ}}{\text{ત ટ}}$

આમ વક્રીભવનાંક ઉપર બનાવ્યું તેટલું આવી રહે છે.

વળી, વક્રીભવનાંક = $\frac{\text{પ્રકાશની હવામાં ગતિ}}{\text{પ્રકાશની માધ્યમમાં ગતિ}}$

જુદાજુદા માધ્યમમાં પ્રકાશની ગતિ જુદીજુદી હોય છે. માધ્યમ વધુ ઘટ્ટ હોય તો ગતિ ઓછી હોય છે અને પાતળું હોય તો વધારે હોય છે.

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી એક બાબત એ સમજાય છે કે જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ હવા જેવાં પાતળાં માધ્યમ (medium)-માંથી કાચ જેવા ઘટ્ટ માધ્યમમાં દાખલ થાય છે, ત્યારે એ કિરણ લંબ તરફ વળે છે, અને વક્રીભવનકોણ આપાતકોણ કરતાં નાનો થાય છે. એથી ઊલટું ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી એક કિરણ પાતળાં માધ્યમમાં દાખલ થાય છે, ત્યારે એ કિરણ લંબથી આઘું જાય છે; અથવા વક્રીભવનકોણ આપાતકોણ કરતાં મોટો થાય છે. ટૂંકમાં વક્રીભવનના નિયમો નીચે પ્રમાણે છે:—

(૧) એક માધ્યમમાંથી કિરણ બીજાંમાં દાખલ થાય ત્યારે કિરણનું વક્રીભવન થાય છે; એટલે બે માધ્યમની સપાટી મળે ત્યાં એ કિરણ દિશા બદલે છે;

(૨) આપાતકિરણ, લંબ અને વક્રીભૂતકિરણ એક સપાટીમાં હોય છે અને લંબની સામસામી દિશામાં રહે છે;

(૩) જો કિરણ પાતળાં માધ્યમમાંથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં દાખલ થાય તો વક્રીભવનકોણ આપાતકોણ કરતાં નાનો થાય છે; અથવા વક્રીભૂત કિરણ લંબ તરફ વળે છે; જો કિરણ ઘટ્ટમાંથી પાતળાં માધ્યમમાં જાય તો એથી ઊલટું વક્રીભવન કોણ આપાતકોણ કરતાં મોટો થાય છે;

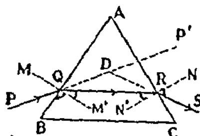
(૪) હવામાં થતા આપાતકોણ અને માધ્યમની અંદરના વક્રીભવનકોણ એ બન્નેના સાઈનના ગુણોત્તરને વક્રીભવનાંક કહેવામાં આવે છે અને જ્યાં સુધી વસ્તુની ભૌતિક સ્થિતિ બદલાય નહિ ત્યાં સુધી વસ્તુનો વક્રીભવનાંક એકમૂલ્ય (constant) રહે છે; અને

(૫) વક્રીભવનાંક હવાની અંદરની પ્રકાશની ગતિ અને માધ્યમની અંદરની પ્રકાશની ગતિનો ગુણોત્તર દર્શાવે છે.

૩. ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પ્રકાશનો માર્ગ (**Path of Light in a Prism**). જેનો પાયો અને ટોચ ત્રિકોણાકાર હોય અને ત્રણ ઊભી બાજુ ચોરસ અથવા લંબચોરસ હોય તેવા કાચને ત્રિપાર્શ્વ કાચ (prism) કહેવામાં આવે છે. હાંડી-ઝુમ્મરમાં પ્રકાશની અસરને રંગબેરંગી દેખાડવા માટે આવા કાચનાં તોરણો લટકાવવામાં આવે છે.

ધારો કે A B C એક ત્રિપાર્શ્વ કાચ (prism) છે (આકૃતિ ૧૮૬). એની A B બાજુ ઉપર P Q કિરણ પડે છે, અને M Q M' લીટી A B ઉપર લંબ છે. એ કિરણ કાચમાં દાખલ થાય એટલે ∠ R Q M' વક્રીભવનકોણ, આપાતકોણ ∠ P Q M કરતાં નાનો થાય છે, અને તેથી કાચમાં એ કિરણ Q R તરફ જાય છે. R આગળ N R N' લંબ છે, એટલે કાચમાં Q R આપાતકિરણ છે અને ∠ Q R N' આપાતકોણ થાય છે. હવે કિરણ ઘટ્ટમાંથી

આકૃતિ ૧૮૬.



પાતળાં માધ્યમમાં નીકળે છે અને R S દિશામાં વક્રીભૂત થાય છે. અહીં ∠ N R S વક્રીભવનકેાણુ, આપાતકેાણુ ∠ Q R N' કરતાં મેાટેા થાય છે. આમ P Q કિરણુ ત્રિપાર્શ્વ કાચમાં Q R દિશામાં જાય છે અને બહાર આવી R S દિશામાં વળે છે. જો ત્રિપાર્શ્વ કાચ નહિ હેાય તેા P Q કિરણુ P' તરફ ચાલ્યું જાત, પરંતુ એ કાચને લઈને તે R S તરફ વળી જાય છે. આમ P P' કિરણ R S તરફ વળવાથી ∠ S D P' ખૂણેા થાય છે, તેને ચલનકેાણુ (angle of deviation) કહેવામાં આવે છે, કારણુ કે P P' કિરણુ એ ખૂણા જેટલું ચલાયમાન થયું છે, અને તેથી R S દિશામાં ગયું છે. ત્રિપાર્શ્વ કાચ ઉપર આપાત થતું કિરણુ જે ખૂણા તરફ જતું હેાય તેનાથી સામી બાજુના પાયા તરફ વાંકું વળીને બહાર નીકળે છે. P' કિરણુ A ખૂણા તરફ જાય છે એટલે વક્રીભૂત કિરણુ B C પાયા તરફ વળે છે. આપાતકિરણુ જેમ પાયાથી વધુ ઊંચે પડે છે તેમ તેનેા ચલનકેાણુ મેાટેા થાય છે, એટલે કે વક્રીભૂત કિરણુ વધુ વળે છે.

ઉપરની આકૃતિ (૧૮૬) મા

∠A = refracting angle = વક્રીભવન ખૂણેા
B C = base of the prism = ત્રિપાર્શ્વનેા પાયેા
P Q = incident ray = આપાતકિરણુ
Q R = refracted ray = વક્રીભૂતકિરણુ
R S = emergent ray = બહિર્ગતકિરણુ
P' = deviated ray = ચલિતકિરણુ

∠ P Q M = angle of incidence = આપાતકોણ

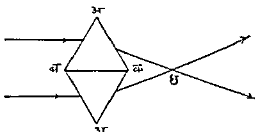
∠ S D P' = angle of deviation = ચલનકોણ

આકૃતિ ૧૮૭. મોટરના દીવાના કિરણો આકૃતિ (૧૮૭) માં બતાવ્યા છે તેવા ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી ડાબી બાજુથી પસાર થાય, ત્યારે એ સઘળાં કિરણો પાયા તરફ એટલે નીચાં વળે છે અને રસ્તા ઉપર સમાંતર ન જતાં વાંકાં વળી માત્ર રસ્તાની સપાટીને જ થોડે દૂર સુધી પ્રકાશિત કરે છે.



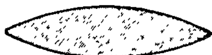
હવે ધારો કે આકૃતિ (૧૮૮) ની પેઠે બે ત્રિપાર્શ્વ કાચને બન્નેના પાયાને એકબીજાને અડાડીને રાખ્યા હોય અને એ બન્ને ઉપર બે સમાંતર કિરણ પડે તો ઉપલા કાચ ઉપર પડતું કિરણ ब क પાયા તરફ વળે છે અને નીચેના કાચ ઉપર પડતું કિરણ ब क પાયા તરફ વળે છે અને छ આગળ એકબીજાને છેદે છે.

આકૃતિ ૧૮૮.



૪. બહિર્ગોળ કાચ (લેન્સ) (Convex Lens).

આકૃતિ ૧૮૯.

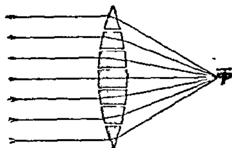


બહિર્ગોળ કાચ (convex lens)

આકૃતિ (૧૮૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણેનાં વચ્ચેથી જાડા અને કિનારીએ પાતળા અને વર્તુલકાર સપાટીવાળા કાચને બહિર્ગોળ કાચ કહેવામાં આવે છે.

ચશ્માનો એકાદ બહિર્ગોળ કાચ લઈને તેમાંથી પ્રકાશનાં સમાંતર કિરણો પસાર કરીએ તો એ સર્વ ક આગળ કેન્દ્રિત (focus) થશે; કારણ કે એ કાચને આકૃતિ (૧૯૦) માં જણાવ્યા પ્રમાણે નાના નાના ત્રિપાર્શ્વ કાચોનો બનેલો ગણી શકાય. એના ઉપલા ભાગ ઉપર પડતાં કિરણો પાયા તરફ વળે છે અને તેથી નીચે વક્રીભૂત થાય છે; અને નીચલા ભાગનાં કિરણો ઊંચી દિશામાં વક્રીભૂત થાય છે. કિનારીનાં કિરણો વચ્ચેનાં કિરણો કરતાં વધુ વાંકાં વળે છે અને તેથી સર્વ કિરણો ક આગળ મળે છે. સૂર્યના પ્રકાશમાં એવો એકાદ કાચ રાખતાં માલુમ પડે છે કે સૂર્યનાં કિરણો એ બિંદુ ક આગળ કેન્દ્રિત (focus) થાય છે. ત્યાં એકાદ કાગળ અથવા સિગારેટ રાખી તેને સળગાવી શકાય છે. એ બિંદુ બહિર્ગોળ કાચનું કેન્દ્ર ક (F, focus) અથવા મુખ્ય કેન્દ્ર (principal focus) કહેવાય છે.

આકૃતિ ૧૯૦



૫. બહિર્ગોળ કાચમાં ઉત્પન્ન થતાં પ્રતિબિંબઃ આકૃતિ (૧૯૧) એ વડે બહિર્ગોળ કાચમાં પ્રતિબિંબો કેમ ઉત્પન્ન થાય છે તે બતાવવામાં આવ્યું છે. બહિર્ગોળ કાચમાં A B વ્યાસ કહેવાય છે, C મધ્ય કહેવાય છે અને F C F' ધરી કહેવાય છે. કાચને બન્ને બાજુ મુખ્ય કેન્દ્રો F અને F' સરખે અંતરે

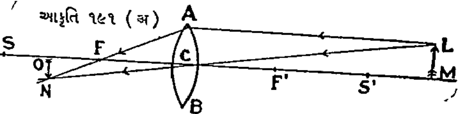
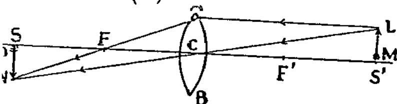
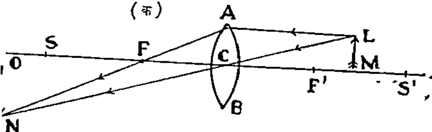
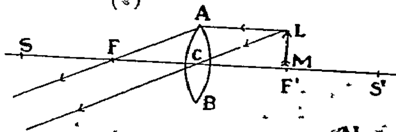
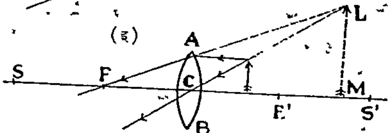
છે. L M વસ્તુ છે અને O N તેમનાં પ્રતિબિંબો બતાવે છે. તીર વડે કિરણોની દિશા બતાવેલી છે.

પ્રતિબિંબની રચના કરવામાં નીચેનાં બે સૂત્રો ધ્યાનમાં રાખવાનાં છે. વસ્તુનાં એક બિંદુમાંથી નીકળતું એક કિરણ ધરીની સમાંતર આવીને કાચ ઉપર પડે તો તે કાચમાં થઈને બીજી બાજુએ કેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે. જે કિરણો કાચનાં મધ્યમાંથી પસાર થાય તે દિશામાં બદલાયા વિના સીધાં પસાર થઈ જાય છે અને બન્ને કિરણો જ્યાં એકબીજાંને છેદે છે ત્યાં વસ્તુનાં તે બિંદુનું પ્રતિબિંબ પડે છે.

આકૃતિ (૧૯૦) માં સમાંતર કિરણો વક્રીભૂત થઈને કેન્દ્ર (F, focus) આગળ પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન કરે છે. क બિંદુ કેન્દ્ર (focal point) દર્શાવે છે અને વસ્તુની સામી બાજુ કેન્દ્ર હોવાથી એની સંજ્ઞા (sine) ઋણ (negative) છે.

આકૃતિ (૧૯૧) માં L A કિરણ ધરીની સમાંતર હોવાથી કાચમાંથી પસાર થયા પછી મુખ્ય કેન્દ્ર F (principal focus) માંથી પસાર થાય છે. L C કિરણ કાચનાં મધ્ય C માંથી પસાર થતું હોવાથી તે જ દિશામાં સીધું પસાર થઈ જાય છે. એ બન્ને કિરણો એકમેકને N આગળ છેદે છે એટલે વસ્તુનાં L બિંદુનું પ્રતિબિંબ N આગળ રચાય છે. એ જ પ્રમાણે, આખી વસ્તુ L M નું પ્રતિબિંબ O N આગળ રચાય છે.

આકૃતિ (૧૯૧–અ) માં વસ્તુ દ્વિતીયકેન્દ્ર S' થી દૂર છે એટલે એનું પ્રતિબિંબ બીજી બાજુએ F અને S ની વચ્ચે નાનું ઊલટું અને સાચું પડે છે.


આકૃતિ ૧૯૧ (અ)
A
S
F
O
N
C
F'
S'
L
M
B

(ब)
S
F
C
F'
S'
L
M
B

(क)
A
S
F
O
C
L
M
F'
S'
N
B

(ड)
A
S
F
C
L
M
F'
S'
B

(इ)
A
L
S
F
C
M
F'
S'
B

આકૃતિ (૧૯૧–ચ) માં S અને S' બિંદુમાંનાં એક બિંદુ ઉપર વસ્તુ મૂકીએ તેા બીજા બિંદુ આગળ ઊલટું પ્રતિબિંબ પડે છે અને વસ્તુનું કદ અને પ્રતિબિંબનું કદ સરખાં છે. આ બે બિંદુને અરસપરસ બદલી શકાય તેમ છે, અને બન્ને બિંદુ કાચનાં મધ્ય C થી સરખે અંતરે આવેલાં છે. આટલા પુરતું S અને S' બિંદુને દ્વિતીયકેન્દ્રો (secondary foci) કહેવામાં આવે છે. એક દ્વિતીય-કેન્દ્ર S ઉપર વસ્તુ હેાય તેા તેનું સાચું પ્રતિબિંબ સામી બાજુએ તેટલે જ અંતરે, બીજાં દ્વિતીયકેન્દ્ર S' આગળ તેટલાજ કદનું અને ઊલટું પડે છે.

આકૃતિ (૧૯૧–ક) માં વસ્તુ દ્વિતીયકેન્દ્ર S' અને મુખ્ય કેન્દ્ર F' ની વચ્ચે છે અને પ્રતિબિંબ બીજી બાજુએ દ્વિતીયકેન્દ્ર S થી દૂર, મેાટુ, ઊલટું અને સાચું પડે છે.

આકૃતિ (૧૯૧–ડ) માં વસ્તુ મુખ્ય કેન્દ્ર F' ઉપર છે અને પ્રતિબિંબ સામી બાજુએ અતિ દૂર (અનંત, infinite) જાય છે; કારણ કે કિરણેા સમાંતર ચાલ્યાં જાય છે.

આકૃતિ (૧૯૧–ઇ) માં વસ્તુ કેન્દ્ર F' અને લેન્સની વચ્ચે રાખેલી છે, એટલે પ્રતિબિંબ સામી બાજુએ પડતું નથી, કારણ કે સામી બાજુએ નીકળતાં વક્રીભૂત કિરણેા અપસારી (diverging) બને છે, પરંતુ એ કિરણેાને પાછળ લંબાવીએ તેા પ્રતિબિંબ LM આગળ હેાય એવેા ભાસ થાય, એટલે એ પ્રતિબિંબ આભાસિ, મેાટું, સૂલટું અને વસ્તુ જે બાજુ હેાય તે જ બાજુએ હેાય છે.

જુદાંજુદાં અંતરે વસ્તુને રાખવાથી પ્રતિબિંબેા કેમ, કેવાં અને ક્યાં ઉત્પન્ન થાય છે એ નીચેનાં કેાષ્ટકદ્વારા ટૂંકમાં બતાવ્યું છે.

	આકૃતિ	વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
૧.	૧૯૦	અતિ દૂર, સમાંતર કિરણો	કેન્દ્ર ઉપર	ઊલટું, સાચું અને ઘણુ નાનું
૨.	૧૯૧-અ	દ્વિતીયકેન્દ્રથી દૂર	સામી બાજુ, કેન્દ્ર અને દ્વિતીયકેન્દ્રની વચ્ચે	ઊલટું, સાચું અને નાનુ
૩.	૧૯૧-બ	દ્વિતીયકેન્દ્ર ઉપર	સામી બાજુ, દ્વિતીય કેન્દ્ર ઉપર	ઊલટું, સાચુ અને સરખુ
૪.	૧૯૧-क	દ્વિતીયકેન્દ્ર અને કેન્દ્રની વચ્ચે	સામી બાજુ, દ્વિતીય કેન્દ્રથી દૂર	ઊલટું, સાચુ અને મોટું
૫.	૧૯૧-ड	કેન્દ્ર ઉપર	સામી સાજુ, અતિ દૂર	અનિશ્ચિત
૬.	૧૯૧-ई	કેન્દ્ર અને કાચની વચ્ચે	એ જ બાજુ, વસ્તુથી દૂર	સૂલટું, આભાસિત અને મોટું

ઉપરનાં પ્રતિબિંબનાં આકાર, કદ અને સ્થળ વગેરેની તારવણી નીચેના પ્રયોગથી થઈ શકશે.

બહિર્ગોળ કાચની કેન્દ્રલંબાઈ નિયત કરવાનો પ્રયોગ (૧):—એક બહિર્ગોળ કાચને સૂર્યના પ્રકાશમાં ધરો. બીજી બાજુ એક સફેદ કાગળ રાખી ધીમેધીમે આમતેમ ખસેડી એવી જગ્યાએ રાખો, કે જ્યાં તેની ઉપર સૂર્યનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ પડે. ત્યાં લાંબો વખત કાગળ રાખવાથી કાગળ બળતો જણાશે. કાચના મધ્યથી કાગળનું અંતર માપો. એ કાચની કેન્દ્રલંબાઈ (focus) બતાવે છે, એ જ પ્રમાણે ઓરડામાં જઈ દૂરની એકાદ પ્રકાશિત

વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ એક કાગળ ઉપર પાડો. પ્રતિબિંબનાં આકાર, કદ અને સ્થળ નિયત કરો. ઉપરના કોઠામાં બતાવ્યા મુજબની નોંધની સાથે તમારાં અવલોકન સરખાવો.

વસ્તુનાં અને તેમાં પ્રતિબિંબની વચ્ચેનો સંબધ બતાવતો પ્રયોગ. (૨):—એક સળગતી મીણબત્તીને બહિર્ગોળ કાચની એક બાજુએ રાખો અને બીજી બાજુએ એક સફેદ કાગળને એટલાં અંતરે રાખો કે જેથી તેના ઉપર મીણબત્તીની જ્યોતનુ સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ પડે મીણબત્તીનુ કાચથી અંતર અનુક્રમે નીચે પ્રમાણે રાખો. (૧) કેન્દ્રલંબાઈથી ત્રણગણા અંતરે, (૨) દ્વિતીયકેન્દ્ર અને કેન્દ્રની વચ્ચે, (૩) કેન્દ્ર ઉપર, અને (૪) કેન્દ્ર અને કાચની વચ્ચે. દરેક વખતે મીણબત્તીનુ અને પ્રતિબિંબનું કાચથી અંતર નોંધો અને પ્રતિબિંબના પ્રકાર, સ્થળ અને કદની નોંધ કરો. છેલ્લી વખતે કાગળના પડદા ઉપર પ્રતિબિંબ પડે છે કે? તમારાં અવલોકન ઉપરના કોઠાની નોંધ (૨), (૪), (૫) અને (૬) સાથે સરખાવો.

જો મીણબત્તીનું કાચથી અંતર u (अ) હોય, v (व) પ્રતિબિંબનું અંતર હોય અને f (क) કેન્દ્રલંબાઈ હોય તો તમારાં અવલોકનો નીચે પ્રમાણે નોંધી ગણતરી કરો.

u (अ)	v (व)	$\frac{1}{(-v)}-\frac{1}{u}$; $\frac{१}{(-व)}-\frac{१}{अ}$	$\frac{1}{(-f)}$; $\frac{१}{(-क)}$

ઉપરના કોઠાના ત્રીજાં અને ચોથાં ખાનાની ગણતરીનાં પરિણામો સરખાં આવે છે. u (अ) અંતરને ધન (positive) લેવામાં આવે છે, અને v (ब) અને f (क) કાચથી વસ્તુની સામી બાજુએ હોવાથી ઋણ સંજ્ઞા (negative sign) સાથે મૂકેલાં છે. માત્ર વસ્તુ જ્યારે કેન્દ્ર અને કાચની વચ્ચે હોય ત્યારે જ v (व) ને ધન લેવું પડે છે, કારણ કે પ્રતિબિંબ તે જ બાજુએ હોય છે.

૬. બહિર્ગોળ કાચમાં વસ્તુ અને પ્રતિબિંબનાં અંતરનો નિયમ. જેમ આરસા માટે વસ્તુનું અંતર u (अ), પ્રતિબિંબનું અંતર v (व) અને કેન્દ્રલંબાઈ f (क) નો સંબંધ એક નિયમ વડે દર્શાવવામાં આવે છે, તેમ વક્રકાચ (lens) માં પણ તે જ પ્રકારનો નિયમ લાગુ પડે છે. એ નિયમ અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ કાચ બન્નેને લાગુ પડે છે.

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}\,; \qquad \frac{१}{व}-\frac{१}{अ}=\frac{१}{क}$$

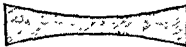
જેમાં,

u = distance of object from lens; अ = કાચનાં મધ્યથી વસ્તુનું અંતર
v = ,, ,, image ,, ,, ; ब = ,, ,, પ્રતિબિંબનું ,,
f = focal length of lens ; क = કાચની કેન્દ્રલંબાઈ

આમાં પણ જ્યારે u, v or f (अ, ब અથવા क) નાં મૂલ્યે મૂકી ગણતરી કરવી હોય ત્યારે સંજ્ઞા (sign) ને ધ્યાનમાં લેવી પડે છે. વસ્તુનું અંતર હમેશાં (+) છે અને કાચથી વસ્તુ તરફનાં બધાં અંતર (+) આવશે અને, બીજી બાજુનાં અંતર (–) થશે. બહિર્ગોળ કાચમાં f (क) ઋણ (–) (negative) છે, અને v (व) પણ (–) (negative) છે; માત્ર જ્યારે $u < f$ (अ < क) હોય ત્યારે જ v (व) (+) (positive) છે.

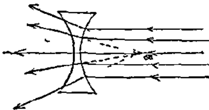
૭. અંતર્ગોળ કાચ (લેન્સ) (Concave Lens). અંતર્ગોળ કાચ વચમાં પાતળો હોય છે અને કોર ઉપર જાડો હોય છે. ટૂંકી દૃષ્ટિવાળા માણસોને ચશ્માામાં એ કાચ વાપરવો પડે છે. અંતર્ગોળ કાચને પણ નાના નાના ત્રિપાર્શ્વ કાચથી બનેલો હોય એમ આપણે ધારી શકીએ છીએ. એની ઉપર સમાંતર કિરણો પડે તે બીજી બાજુએ બહાર નીકળી ત્રિપાર્શ્વના પાયા તરફ વળે છે; એટલે બધાં કિરણો એકમેકથી દૂર જાય છે અને તેથી સાચું પ્રતિબિંબ રચાતું નથી (આકૃતિ ૧૯૩). આપણે એ દિશામાં જોઈએ તો એ કિરણો કાચની સામી બાજુએ (क) બિન્દુમાંથી આવતાં હોય તેમ લાગે છે. આથી क કાચનું કેન્દ્ર (focus) કહેવાય છે હમેશાં આ કાચ વડે આભાસ, સૂલટું અને નાનું પ્રતિબિંબ જે બાજુએ વસ્તુ મૂકી હોય તે બાજુએ જ રચાય છે. એટલે u, v and f (अ, ब અને क) ત્રણે (+) છે.

આકૃતિ ૧૯૨

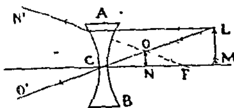


અંતર્ગોળ કાચ (concave lens)

આકૃતિ ૧૯૩



આકૃતિ ૧૯૪.



અંતર્ગોળ લેન્સ વડે પ્રતિબિંબ કેમ રચાય છે તે આકૃતિ (૧૯૪) માં બતાવવામાં આવ્યું છે. L M વસ્તુની ટોચમાંથી L A કિરણ ધરીની સમાંતર જાય છે; એ A N' દિશામાં જાય છે અને એને પાછળ લંબાવીએ તો F માંથી પસાર થાય છે; L C કિરણ કાચનાં મધ્યમાંથી સીધું પસાર થાય છે. અને L O' દિશામાં જાય છે. એ બન્ને કિરણ O આગળ છેદતાં હોય તેમ લાગે છે. એટલે L M વસ્તુનું પ્રતિબિંબ O N આગળ રચાયેલું હોય તેમ ભાસે છે. તે હમેશાં વસ્તુના કરતાં નાનું, વસ્તુનાં અંતર કરતાં નજીક, આભાસ, સૂલટું અને વસ્તુ જે બાજુએ હોય તે જ બાજુએ હોય છે.

આવાં કારણને લીધે અંતર્ગોળ કાચમાંથી જોઈએ તો દરેક વસ્તુ હમેશાં નાની જ દેખાય છે.

૮. બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ કાચોને કેમ પારખવા? તમને બે કાચ આપ્યા હોય અને તેમાંથી બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ કયો એ પારખવું હોય તે ચાર રીતે પારખી શકાય છે. (૧) હાથ વડે જોતાં વચ્ચેનો ભાગ ઊપસેલો જણાય તો તે કાચ (*lens*) બહિર્ગોળ (*convex*) છે અને પાતળો હોય તો અંતર્ગોળ (concave) છે, એમ જાણી શકાય છે; (૨) પરંતુ ઘણી વાર એ ફેર લક્ષમાં આવે તેવડો હોતો નથી એટલે બન્ને કાચને આંખથી દૂર રાખી અંદરથી દૂરની વસ્તુ જોશો તો માલૂમ પડશે કે બહિર્ગોળ કાચમાંથી દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ઊલટું અને નાનું દેખાશે અને અંતર્ગોળ કાચમાંથી દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નાનું પણ સૂલટું દેખાય છે; (૩) જો બન્ને કાચની ઘણી નજીક એક વસ્તુ (કેન્દ્રથી નજીક) રાખીએ તો બહિર્ગોળ કાચમાંથી એ વસ્તુ મોટી અને સૂલટી દેખાશે અને અંતર્ગોળમાંથી નાની

ઊલટી દેખાશે; અને (૪) બહિર્ગોળ કાચ વડે એક કાગળ ઉપર દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પાડી શકાશે પરંતુ અંતર્ગોળ કાચથી પ્રતિબિંબ પાડી શકાશે નહિ.

[બહીર્ગોળ કાચમાંથી સમાંતર કિરણો પસાર થાય તે કેન્દ્રાભિસારી (converging) બને છે તેથી તેને કેન્દ્રાભિસારી કાચ (converging lens) કહેવામાં આવે છે. એ જ પ્રમાણે અંતર્ગોળ કાચમાંથી પસાર થતાં કિરણો કેન્દ્રાપસારી (diverging) બને છે એટલે તેને કેન્દ્રાપસારી કાચ (converging lens) પણ કહેવામાં આવે છે.

૯. લેન્સ વડે પડતાં પ્રતિબિંબનું કદ. આકૃતિ (૧૯૧–અ) માં વસ્તુ અને પ્રતિબિંબનું કદ બતાવેલું છે. LCM અને NCO ત્રિકોણને સરખાવીએ તો તે બન્ને સમકોણ ત્રિકોણ છે એટલે,

$$\frac{LM}{NO} = \frac{CM}{CO} = \frac{u}{v}$$

એટલે,

$$\frac{LM}{NO} = \frac{\text{વસ્તુનું કદ}}{\text{પ્રતિબિંબનું કદ}} = \frac{u}{v} = \left(\frac{\text{अ}}{\text{ब}}\right) = \frac{\text{વસ્તુનું અંતર}}{\text{પ્રતિબિંબનું અંતર}}$$

૧૦. વિપુલદર્શક કાચ તરીકે બહિર્ગોળ કાચનો ઉપયોગ (Use of Convex Lens as a Magnifying Glass). બહિર્ગોળ કાચની આકૃતિ (૧૯૦–ઇ) જોતાં આપણને માલૂમ પડે છે કે વસ્તુને કેન્દ્રથી નજીક લાવીએ ત્યારે પ્રતિબિંબ એ જ બાજુએ વધારે અંતરે, વિપુલ (મોટું) અને સૂલટું દેખાય છે. આથી બહિર્ગોળ કાચનો વિપુલદર્શક તરીકે ઉપયોગ થાય છે. ઘણું બારીક લખાણ વાંચવું હોય, હાથની બારીક રેખાઓ જોવી હોય અથવા ઘડિયાળના બારીક સ્ક્રૂ અને ચક્રને જોવાં હોય અથવા સાધારણ ઝીણી વસ્તુને મોટા સ્વરૂપે જોવી હોય તો તે વસ્તુને

બહિર્ગોળ કાચના કેન્દ્રથી નજીક લાવીને જોવાથી મોટી થયેલી દેખાશે (આકૃતિ ૨૦૬-अ).

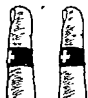
ડૉકટરના થર્મોમિટરમાં બરાબર ઉપરથી જોતાં અંદરના પારાની દોરી (mercury thread) ની જાડાઈ વિપુલ (magnified) થયેલી લાગે છે. થર્મોમિટરનો ઉપરનો કાચ બહિર્ગોળ કાચ (convex lens) જેવો છે અને પારો એની પાછળ એકદમ નજીક એટલે કે કેન્દ્રથી પણ નજીક હોવાથી વિપુલ થયેલો લાગે છે. આથી નળીમાંના પારાની બહુ પાતળી દોરી જાડી થયેલી દેખાય છે અને થર્મોમિટર ઉપર ટેમ્પરેચર સ્પષ્ટ રીતે વાંચી શકાય છે.

૧૧. સ્ટિરિયોસ્કોપ (ઘનદર્શક) (Stereoscope). આપણે એકાદ વસ્તુને બન્ને આંખ વડે જોઈએ છીએ ત્યારે બન્ને આંખમાં પડતાં પ્રતિબિંબમાં સહેજ ફેર હોય છે, કારણ કે બન્ને આંખો એક જ વસ્તુને સહેજ જુદા કોણમાંથી જુએ છે. આ રીતે બે જુદા ખૂણામાંથી જોવાથી ઉત્પન્ન થયેલાં એકત્ર પ્રતિબિંબને લીધે આપણે વસ્તુને તેની ખરેખરી ઘન અવસ્થામાં જોઈ શકીએ છીએ. એક વસ્તુનો ફોટો લઈએ અને તેને જોઈએ તો એ ઘન અવસ્થામાં દેખાય છે તેવો દેખાતો નથી, કારણ કે એ ફોટો એક જ દિશામાંથી લીધેલો હોય છે. ધારો કે એક કેમેરા વડે એક જ વસ્તુના બે જુદાજુદા કોણમાંથી A અને B ચિત્ર લીધાં હોય (આકૃતિ ૧૯૬-अ) તો આ બન્નેના દેખાવમાં પણ આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ સહેજ ફેર પડશે. હવે એ બે ચિત્રોને આપણે એકીસાથે બન્ને આંખ વડે જોઈએ તો વસ્તુના ચિત્રનો દેખાવ સાદો સપાટ ન લાગતાં ઘન લાગશે. બન્ને ચિત્રોને એવી રીતે મૂકવાં જોઈએ કે તેથી આપણે એક જ વસ્તુને જોતા હોઈએ તેમ લાગે. આમ

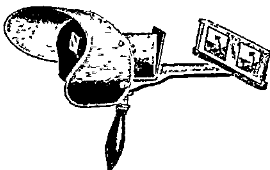
આકૃતિ ૧૯૫.



આકૃતિ ૧૯૬–અ.



આકૃતિ ૧૯૬–ब.



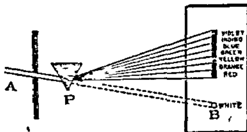
સ્ટિરિયેાસ્કેાપ

કરવા માટે આકૃતિ (૧૯૫) માં બતાવ્યા મુજબ अ અને ब ચિત્ર મૂકેલાં છે; એને બન્ને આંખથી સીધાં ન જોતાં म અને म' જેવાં ત્રિપાર્શ્વ કાચ વડે જોવામાં આવે છે. આથી अ ચિત્રમાંથી નીકળતાં કિરણેા વક્રીભૂત થઈને क માંથી આવતાં હેાય તેમ લાગે છે અને ब માંથી નીકળતાં કિરણેા પણ क માંથી આવતાં હેાય તેમ લાગે છે. આ રીતે બન્ને આંખેા જાણે એક જ જગ્યાએ જોતી હેાય એવેા ભાસ થાય છે અને બન્ને ચિત્રેા જુદા દૃષ્ટિકેાણથી લીધેલાં હેાવાથી પ્રતિબિંબ ઘન અવસ્થામાં દેખાય છે. ખરેખરું સ્ટિરિયેા-સ્કેાપ આકૃતિ (૧૯૬–ब) માં બતાવ્યું છે.

૧૨. રંગપટ (Spectrum). એકાદ પાતળી ચીજને ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી જોઈએ તેા માલૂમ પડશે કે અંદરથી દેખાતું પ્રતિબિંબ અનેકરંગી હેાય છે. એવી જ જાતના રંગેા મેઘધનુષ્યમાં પણ દેખાય છે. એક સાદા પણ ઐતિહાસિક પ્રયેાગ વડે સર આઈઝેક ન્યુટનને પ્રથમ બતાવ્યું હતું કે સફેદ પ્રકાશ એ સાત જુદાજુદા રંગના પ્રકાશનું મિશ્રણ છે. એ પ્રયેાગ સાદી રીતે નીચે પ્રમાણે થઈ શકે છે.

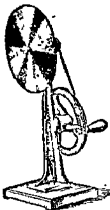
એક અંધારા ઓરડાની દીવાલમાંની એક નાની ફાટ A માંથી પ્રકાશનું નાનું કિરણ દાખલ કરો અને પ્રકાશને એક ત્રિપાર્શ્વ કાચ P માંથી (આકૃતિ ૧૯૭) માં બતાવ્યા પ્રમાણે પસાર કરી સામેની દીવાલ ઉપર પડવા દો. સફેદ પ્રકાશનું કિરણ સાત રંગમાં વહેંચાઈ જશે. એક છેડે રાતો અને બીજે છેડે જાંબલી પ્રકાશ પડે છે. રાતો પ્રકાશ ઓછો વક્રીભૂત થાય છે અને જાંબલી વધુ વક્રીભૂત થાય છે. એ ઉપરથી સ્પષ્ટ સમજાય છે કે સફેદ પ્રકાશ સાત રંગનો બનેલો હોય છે. આટલાથી સંતોષ ન પામતાં સાત રંગને પાછા ભેગા કરવાથી સફેદ પ્રકાશ ઉત્પન્ન થાય છે એમ પણ ન્યુટને પુરવાર કર્યું હતું. જો ત્રિપાર્શ્વ કાચને દૂર કરીએ તો માત્ર સફેદ કિરણ B આગળ પડશે.

આકૃતિ ૧૯૭.



રંગપટ (Spectrum)

આકૃતિ ૧૯૮.


ન્યુટનનું ચક્ર.

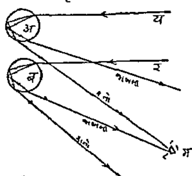
એક ગોળ જાડા કાગળનું કપાટિયું લઈને તેના ઉપર પ્રમાણસરનાં સાત જુદાજુદા રંગના કાગળ ચોઢી ઝડપથી ગોળ ફેરવશો તો માલૂમ પડશે કે એ કપાટિયું આંખા સફેદ રંગનું દેખાય છે (આકૃતિ ૧૯૮). આ જાતના સાત રંગવાળાં કપાટિયાંનાં ચક્રને ન્યુટનનું ચક્ર (Newton's disc) કહેવામાં આવે છે. ઉપરની આકૃતિ (૧૯૭) માં

બતાવ્યાં પ્રમાણે એક પ્રકાશનાં કિરણને સાત રંગમાં વહેંચી દેવાથી જે પ્રકાશનો પટ ઉત્પન્ન થાય છે તેને રંગપટ (spectrum) કહેવામાં આવે છે. રંગપટ ઉત્પન્ન થવાનું કારણ એ કે દરેક રંગનાં કિરણો એકસરખાં વક્રીભૂત (refract) થતાં નથી. રાતાં કિરણ ઓછાં વક્રીભૂત થાય છે અને જાંબલી વિશેષ વક્રીભૂત થાય છે. એ સાત રંગો અનુક્રમે નીચે પ્રમાણે છે:—

રાતો, નારંગી, પીળો, લીલો, ભૂરો, નીલો અને જાંબલી (red, orange, yellow, green, blue, indigo, and violet).

૧૩. મેઘધનુષ્ય (**Rainbow**). આકાશમાં સાંઝે અથવા સવારે સૂર્યની સામી બાજુએ વાદળાં હોય અને તેમના ઉપર સૂર્યનાં કિરણો પડે તો ઘણેભાગે મેઘધનુષ્ય જોવાનું મળે છે. એનું કારણ પણ સફેદ પ્રકાશનાં કિરણો જુદાજુદા કોણમાં વક્રીભૂત થાય તે જ છે. મેઘધનુષ્ય જોવા માટે આપણે સૂર્ય તરફ પીઠ કરીને ઊભા રહેવું પડે છે. વાદળામાં પાણીનાં સાધારણ મોટાં બિંદુ બંધાય ત્યારે જ પ્રકાશનાં કિરણોનું વક્રીભવન થઈ શકે છે. આમ પાણીનાં બિંદુમાંથી વક્રીભૂત થયેલું સફેદ કિરણ સાત રંગમાં વહેંચાઈ જુદીજુદી દિશામાં જાય છે. આથી એક દિશામાં આવેલાં બિંદુમાંથી એક જ જાતનો રંગ દેખાશે અને એ બિંદુથી નીચે અથવા ઉપરના બિંદુમાંથી જુદા રંગનો પ્રકાશ આવશે.

આકૃતિ ૧૯૯–अ.



ધારો કે य અને र જેવાં પ્રકાશનાં કિરણો સૂર્યમાંથી આવીને अ અને ब ની વચ્ચેનાં બિંદુઓ ઉપર પડે છે (આકૃતિ ૧૯૯–अ). अ બિંદુ ઉપર પડતું

કિરણ તેની અંદર દાખલ થઈ સાત રંગમાં વિભક્ત થાય છે અને સામી બાજુએ જતાં તે બિંદુનાં પાણીમાં જ તેનું પરાવર્તન થાય છે. એ પરાવર્ત થયેલાં કિરણો નીચેના ભાગમાંથી ફરીથી વક્રીભૂત થઈને નીકળે છે. જાંબલી કિરણ ઊંચે વક્રીભૂત થાય છે અને રાતું કિરણ નીચે આવે છે. એ બન્ને કિરણોની વચ્ચે બીજાં રંગનાં કિરણો હોય છે. વ બિંદુમાં પણ એ જ પ્રમાણે પ્રકાશ સાત રંગમાં વિભક્ત થઈને નીકળે છે. અ માંથી નીકળતું રાતું કિરણ અને વ માંથી નીકળતું જાંબલી કિરણ મ આગળ એક માણસની આંખમાં દાખલ થાય છે. અ અને વ ની વચ્ચેના બિંદુમાંથી નીકળતાં કિરણોમાંથી જુદાંજુદાં કિરણો રંગપટના અનુક્રમમાં માણસની આંખમાં પડે છે. આથી આખા રંગપટના જેવું દૃશ્ય લાગે છે. માણસની આંખના (horizon) થી એકસરખા

આકૃતિ ૧૯૯–ચ.



મેઘધનુષ (Rainbow)

૧. મેઘધનુષનો રાતો પટો, ૭. મેઘધનુષનો જાંબલી પટો.

ખૂણે આવેલાં બિંદુઓ પણ એ જ પ્રમાણે પ્રકાશનાં કિરણોને વક્રીભૂત કરે છે અને તેથી વર્તુલાકાર (ધનુષ્યાકાર) રંગપટ દેખાય છે (આકૃતિ ૧૯૯-બ). કેટલીકવાર એકને બદલે બેવડું મેઘધનુષ્ય દેખાય છે. તેનું કારણ એ હોય છે કે વધુ ઊંચાઈના બિંદુમાં સૂર્યનાં કિરણો બિંદુના નીચેના ભાગમાંથી દાખલ થાય છે; અને અંદર બે વખત પરાવર્ત (reflect) થઈને વળી પાછાં વક્રીભૂત થઈને ઉપરથી બહાર નીકળે છે. આમ બે વખત આંતરિક પરાવર્તન થવાથી પ્રકાશના રંગનો ક્રમ ઊલટો થઈ જાય છે અને એ ઉપલા મેઘધનુષ્યમાં રાતો પ્રકાશ નીચે દેખાય છે અને જાંબલી પ્રકાશ ઊંચે દેખાય છે.

૧૪. વસ્તુના રંગ. સૃષ્ટિમાં નજરે પડતી જુદીજુદી વસ્તુના રંગ જુદાજુદા હોય છે. એ સર્વ રંગો ઉપરના રંગપટમાંના સાત રંગના મિશ્રણથી ઉત્પન્ન થઈ શકે છે. આમ છતાં આપણે જાણીએ છીએ કે જુદાજુદા પ્રકાશમાં એક વસ્તુનો રંગ તેનો તે જ રહેતો નથી. સૂર્યના પ્રકાશમાં દરેક રંગ હોવાથી રાતી વસ્તુ રાતાં કિરણો પરાવર્ત કરે છે અને બીજાં કિરણો શોષી લે છે, અને લીલી વસ્તુ લીલાં કિરણો પરાવર્ત કરે છે અને બીજાં શોષી લે છે. કાળી વસ્તુ બધાં કિરણો શોષી લે છે અને સફેદ વસ્તુ બધાં કિરણો પરાવર્ત કરે છે. રાતી વસ્તુ રાતા પ્રકાશમાં રાતી દેખાય છે, પરંતુ બીજા પ્રકાશમાં ધરીએ તો કાળી દેખાય છે; કારણ કે તે બીજાં કિરણોને શોષી લે છે. આ જ કારણથી વિજળીના દીવામાં અને બીજા પ્રકારમાં વસ્તુના રંગનાં ફેરફાર લાગે છે.

સાર

૧. એક માધ્યમમાંથી બીજાં માધ્યમમાં પ્રકાશનું કિરણ ત્રાંસું દાખલ થાય ત્યારે સપાટી આગળ તે તેના માર્ગની દિશા બદલે છે. એ ઘટનાને

વક્રીભવન કહેવામાં આવે છે. આ જ કારણથી પાણીમાં દાખલ કરેલી ત્રાંસી લાકડી સપાટી આગળ વળેલી લાગે છે અને પાણીમાં રહેલાં વાસણનું તળિયું ઊંચું આવેલું લાગે છે,

૨. એ સપાટી આગળ પ્રકાશનાં આપાતબિંદુ ઉપર લંબ દોરી આપાતકોણ અને વક્રીભવનકોણ માપવાથી વક્રીભવનના નિયમો પુરવાર થાય છે.

(૧) આપાતકિરણ, લંબ અને વક્રીભૂતકિરણ એક જ સપાટીમાં હોય છે, અને લંબની સામસામી બાજુએ હોય છે.

(૨) આપાતકોણના સાઇનનો વક્રીભવનકોણના સાઇન જોડેનો ગુણોત્તર લઈએ તેને વક્રીભવનાંક કહેવામાં આવે છે અને તે એ માધ્યમને માટે એકમૂલ્ય રહે છે.

(૩) પાતળાં માધ્યમમાંથી એક કિરણ ઘટ્ટ માધ્યમમાં દાખલ થાય, ત્યારે તે કિરણ લંબ તરફ વળે છે; એથી ઊલટું હોય તો ઊલટું બને છે.

૩. ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી કિરણ પસાર થાય તે પાયા તરફ વળે છે અને આપાતકિરણ અને બહિર્ગત કિરણની વચ્ચેના ખૂણાને ચલનકોણ (angle of deviation) કહેવામાં આવે છે.

૪. બહિર્ગોળ કાચ (convex lens) વચ્ચેથી જાડો અને અણીએ પાતળો હોય છે. તેના વડે પ્રતિબિંબ ક્યાં ઉત્પન્ન થાય તે ફકરા (પ) ના કોષ્ટકમાં બતાવ્યું છે. એના વડે કિરણો કેન્દ્રાભિસારી (converging) થાય છે.

અંતર્ગોળ કાચ (concave lens) વચ્ચેથી પાતળો અને અણીએ જાડો હોય છે. એના વડે કિરણો કેન્દ્રપસારી (diverging) થાય છે.

વસ્તુનું અંતર u (अ), પ્રતિબિંબનું અંતર u (ब) અને કેન્દ્રલંબાઈ f (क) હોય તો તેમનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે છે:—

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \; ; \; \frac{१}{ब} - \frac{१}{अ} = \frac{१}{क}$$

એમાં મૂલ્ય મૂકી ગણતરી કરવી હોય ત્યારે ધ્યાનમાં રાખવું કે વસ્તુની સામી બાજુ અંતર લઈએ તે (−) ઋણ છે. બહિર્ગોળ કાચમાં v (ब),

અને f (ક) ના મૂલ્ય (−) હોય છે, માત્ર $u < f$ (અ < ક) હોય ત્યારે જ v (બ) (+) હોય છે. અંતર્ગોળ કાચમાં દરેક અંતરો (+) છે.

૫. બહિર્ગોળ કાચનાં કેન્દ્રથી નજીક વસ્તુ રાખીને જોઈએ તો તે વિપુલ થયેલી દેખાય છે. સ્ટિરિયોસ્કોપમાં બે જુદી દિશામાંથી લીધેલાં ચિત્રો હોય છે અને દરેક આંખે જોવાય છે. પરંતુ ત્રિપાર્શ્વ વડે બન્ને ચિત્રો એક જ હોય તેમ દેખાય છે; એટલે ચિત્ર ઘન દેખાય છે. સૂર્ય પીઠ પાછળ હોય અને સામે વરસાદનાં વાદળી હોય, ત્યારે મેઘધનુષ્ય દેખાય છે. મુખ્ય મેઘધનુષ્યમાં રાતાં કિરણ ઊંચે હોય છે અને જાંબલી નીચે હોય છે. પાણીનાં બિંદુમાં વક્રીભવન થઈ આંતરિક પરાવર્તનથી કિરણો સાત રંગમા વિભક્ત થઈને જોનાર તરફ પાછાં આવે છે અને મેઘધનુષ્ય રચે છે.

મુખ્ય મેઘધનુષ્ય ઉપર બીજું ગૌણ મેઘધનુષ્ય પણ હોય છે. એમાં રંગો ઊલટા હોય છે.

૬. જે રંગના પ્રકાશને વસ્તુ પરાવર્તન કરે તેવો વસ્તુનો રંગ દેખાય છે. રાતી વસ્તુને સફેદ અથવા રાતા પ્રકાશમાં રાખીએ તો તે રાતી દેખાશે; પરંતુ જાંબલી, લીલા કે ભૂરા પ્રકાશમાં રાખવાથી તે કાળી દેખાશે, કારણ કે બીજા રંગના કિરણો તે શોષી લે છે. પારદર્શક રંગીન વસ્તુમાંથી તેવાજ રંગનું કિરણ પસાર થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) વક્રીભવન (refraction) ક્યારે થાય છે? વક્રીભવનના શા નિયમો છે? એક ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી નીકળતું કિરણ કઈ તરફ વળશે એ આકૃતિ વડે સમજાવો.

(૨) વક્રીભવનાંક (refractive index) શોધવાનો એક સારો પ્રયોગ વર્ણવો, અને વક્રીભવનાંક શું છે તે બરાબર સમજાવો.

(૩) ઘટ્ટ માધ્યમ (medium) માં પ્રકાશનો વેગ આપ્યો હોય તો બીજા માધ્યમમાં એ વેગ કેમ શોધશો? પાણીનો વક્રીભવનાંક ૧.૩ છે અને પ્રકાશનો હવામાં વેગ સેકન્ડનો ૧,૮૬,૦૦૦ માઈલ છે તો પાણીમાં પ્રકાશનો કેટલો વેગ હશે?

(૪) પાણીમાં સહેજ ત્રાંસી (slanting) લાકડી મૂકીએ તો તે વાંકી કેમ દેખાય છે? પાણીમાં માછલી જ્યાં તરતી દેખાય તેના કરતાં એ વધુ ઊંડાઈએ હોય છે એ આકૃતિ પાડી સમજાવો.

(૫) બહિર્ગોળ કાચને વિપુલદર્શક (magnifying) કાચ તરીકે કેવી રીતે વપરાય છે?

(૬) અંતર્ગોળ કાચમાં કેવું પ્રતિબિંબ પડે છે તે આકૃતિ પાડી બતાવો.

(૭) અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ કાચને પારખવાની રીતો બતાવો.

(૮) એક વિપુલદર્શક કાચની કેન્દ્રલંબાઈ ૧૦ સેમી. છે તો એક વસ્તુને ૫ સેમી. દૂર મૂકી જોતાં એનું પ્રતિબિંબ ક્યાં દેખાશે? પ્રતિબિંબ કેટલું મોટું દેખાશે?

(૯) એક જાડી કાચની તકતી ઉપર પ્રકાશનું એક કિરણ ત્રાંસું પડ્યું તો એ કિરણના માર્ગ આકૃતિ વડે દર્શાવો.

(૧૦) પ્રકાશનું પૃથક્કરણ કેમ થાય છે એ આકૃતિ વડે દર્શાવો અને એનું કારણ આપો

(૧૧) રંગપટ શું છે એ સમજાવો. એ રંગપટ કેમ મેળવી શકાય?

(૧૨) ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પ્રકાશનો માર્ગ દર્શાવો.

(૧૩) મેઘધનુષ્ય મધ્યાહ્ને કેમ દેખાતું નથી? સૂર્યના કિરણનો માર્ગ બતાવી મેઘધનુષ્યનો ખ્યાલ આપો.

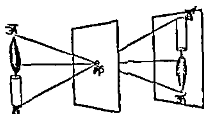
(૧૪) ઘનદર્શક (stereoscope) ની રચના સમજાવો.

પ્રકરણ ૨૧

પ્રકાશનાં યંત્રો (સાધનો)

૧. ફોટોગ્રાફિક કૅમેરા (Photographic Camera). આકૃતિ (૨૦૦) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક કાગળનું કપાટિયું લઈને એક ઘણું બારીક કાણું પાડી અ ब આગળ એક મીણબત્તી મૂકશો તો સામી બાજુ એક પડદા ઉપર ઊંધું પરંતુ બહુ ઝાંખું પ્રતિબિંબ અ' ब' દેખાશે. હવે જો અ' ब' આગળ ફોટોગ્રાફની પ્લેટ (તકતી) અથવા ફિલમ મૂકી તેના ઉપર પડતો બીજો પ્રકાશ બંધ કરીએ અને માત્ર થોડા વખત માટે क માંથી પ્રકાશ દાખલ કરીએ તો તેના ઉપર ફોટો છપાઈ જશે. આમ એક બારીક નાકા વડે સાદો કૅમેરા તૈયાર થાય છે. એ કૅમેરાને પિનહોલ કૅમેરા (pinhole camera)

આકૃતિ ૨૦૦.



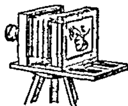
કહેવામાં આવે છે. એની અંદર મુસીબત એ છે કે પ્રતિબિંબ ઝાંખું અને અસપષ્ટ હોય છે; કારણ કે બારીક નાકામાંથી બહુ જ થોડાં પ્રકાશનાં કિરણો બીજી બાજૂ થઈ શકે છે. આથી જો બારીક નાકાની જગ્યાએ મોટો બહિર્ગોળ કાચ જડીએ અને વસ્તુને યોગ્ય અંતરે રાખીએ તો મોટા વિસ્તારમાં કિરણો અંદર દાખલ થશે અને આગલા પ્રકરણમાં જોઈ ગયા તેમ ઊલટું અને સાચું પ્રતિબિંબ કાચની તકતી ઉપર પડશે. આ પ્રતિબિંબ ઘણું જ સ્પષ્ટ અને ઘણું તેજદાર હોય છે; કારણ કે બહિર્ગોળ કાચનું કદ મોટું હોવાથી તેમાંથી ઘણાં પ્રકાશનાં કિરણો દાખલ થાય છે અને એ કિરણો અમુક ચોક્કસ જગ્યાએ કેન્દ્રિત થવાથી સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ રચે છે.

આપણે આગળ જોયું છે કે બહિર્ગોળ કાચમાં રચાતું પ્રતિબિંબ વસ્તુની દૂરતાનાં પ્રમાણમાં કાચથી વત્તાઓછા અંતરે હોય છે, એટલે પેટી જેવો કેમેરા (box camera) માત્ર એક જ અંતરે વસ્તુ રાખી હોય તો જ ખપમાં આવે છે. સામાન્ય રીતે એવા કેમેરામાં કાચ અને તકતી વચ્ચેની લંબાઈ કાચની કેન્દ્રલંબાઈ જેટલી હોય છે. આથી તકતી બહિર્ગોળ કાચના કેન્દ્ર (focus) ની જગ્યાએ હોય છે અને તેના ઉપર માત્ર દૂરની વસ્તુનું જ પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ દેખાય છે. ઘણુંખરું પેટીના કેમેરા (box camera) માં વપરાતો બહિર્ગોળ કાચ ઘણી નાની કેન્દ્રલંબાઈનો હોય છે, એટલે સાધારણ રીતે સાતથી આઠ ફૂટ અંતરથી વધુ દૂર ગમે તે વસ્તુ રાખી હોય તો તેનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ તકતી (plate) ઉપર પડશે.

સારા કેમેરામાં કાચ અને તકતી વચ્ચેનું અંતર વધઘટ થઈ શકે તેવું હોય છે, એટલે વસ્તુને ગમે એ અંતરે રાખો તો તકતી (screen) અને કાચના અંતરમાં વધઘટ કરીને સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય છે.

એક કેમેરાનું ચિત્ર આકૃતિ (૨૦૧) માં બતાવ્યું છે. એમાં ડાબી બાજુની નળીમાં બહિર્ગોળ કાચ છે, તકતી પેટીમાં છે. પેટીની બાજુને, વળી જઈ લાંબીટૂંકી થાય તેવી અપારદર્શક ધમણ વડે બંધ કરેલી છે, અને તેથી તકતીને આગળ અથવા પાછળ ખેંચી શકાય છે. કાચની પાસે એક નાનુંમોટું થાય અને અમુક વખત ઉઘાડી બંધ કરી દેવાય એવું ઢાંકણ (shutter) રાખવામાં આવે છે. પ્રથમ ઢાંકણને ખુલ્લું રાખી

આકૃતિ ૨૦૧.



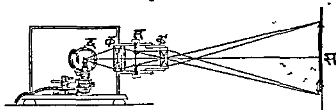
કેમેરા

દૂધિયા કાચની તકતી ઉપર આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ દેખાય તેવી ગોઠવણ કરવામાં આવે છે. એ પછી ઢાંકણ (shutter) ને બંધ કરી કાચની તકતીની જગ્યાએ એક ફોટોગ્રાફની તકતી અથવા ફીલમ દાખલ કરવામાં આવે છે. એ ફીલમ ઉપર પ્રકાશ બિલકુલ પડવો ન જોઈએ. આથી જ્યાં સુધી ઢાંકણ (shutter) બંધ હોય છે, ત્યાં સુધી કેમેરાની અંદરના ભાગમાં હમેશાં અંધારું રહે છે. જ્યારે ઢાંકણ (shutter) ને ઉઘાડવામાં આવે છે, ત્યારે જ અંદર પ્રકાશનાં કિરણો દાખલ થઈને કાચની તકતી ઉપર પ્રતિબિંબ પાડે છે, અને એની નોંધ તકતી ઉપર થઈ જાય છે. તરત જ ઢાંકણ પાછું બંધ કરવામાં આવે છે. જે ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ ઉપર પ્રકાશનાં પ્રતિબિંબની નોંધ થાય છે એ પ્લેટ ઉપર રૂપાનાં એકાદ ક્ષારનો થર લગાડેલો હોય છે. રૂપાના અમુક ક્ષાર ઉપર પ્રકાશ પડે તો એનું રૂપાંતર થાય છે. જ્યાં વધુ પ્રકાશ પડે ત્યાં એનું વધુ રૂપાંતર થાય અને ઓછો પડે ત્યાં ઓછું થાય છે. ઘણુંખરું કેમેરામાં પ્રકાશનાં કિરણોને સેકંડના હજારમાં ભાગથી માંડીને એકાદ મિનિટ સુધી, પ્રકાશનાં તેજને (intensity) ધ્યાનમાં લઈને, પડવા દેવામાં આવે છે. પ્લેટ ઉપર પ્રકાશથી તૈયાર થયેલું પ્રતિબિંબ પ્લેટને અમુક જાતના ક્ષારમાં ડેવલેપ કરવામાં ન આવે ત્યાં સુધી દેખાતું નથી અને, એ પ્રતિબિંબ ગુપ્ત (latent) રહે છે. એ પ્લેટને 'ડેવલેપ' કર્યા પછી બીજાં રસાયણમાં મૂકીને 'ફીક્સ' કરવામાં આવે છે. આમ તૈયાર થયેલી પ્લેટની ઉપર જે પ્રતિબિંબ હોય તે ઋણ (negative) હોય છે, એટલે જ્યાં સફેદ વસ્તુ હોય ત્યાં કાળી દેખાય છે અને કાળી

હોય ત્યાં સફેદ દેખાય છે. આને લીધે જે ચિત્ર તૈયાર કરવું હોય તેને માટે વળી પાછી એ અપસવ્ય (negative) પ્લેટનો ઉપયોગ કરી સવ્ય (positive) ચિત્ર તૈયાર કરવામાં આવે છે. અપસવ્ય (negative) પ્લેટને લગોલગ પ્લેટનાં જેવાં જ રસાયણવાળો કાગળ મૂકી એના ઉપર થોડી વાર પ્રકાશ પાડવામાં આવે તો એ કાગળ ઉપર પ્લેટથી ઊલટું એટલે સવ્ય (positive) અને ખરે-ખરી વસ્તુને બતાવતું ચિત્ર તૈયાર થાય છે.

૨. જાદુઈ ફાનસ (**Magic Lantern**). ભાષણ આપતી વખતે સભાને મોટાં ચિત્રો બતાવવાં પડે છે; એટલે ભાષણ કર્તાને મોટાં ચિત્રોના નકશા બનાવવા પડે અથવા ઘણા મોટાં ચિત્રો દોરવાં પડે છે. આમ કરવામાં ઘણી મુસીબત પડે છે, એટલે ચિત્રને એક કાચની તકતી ઉપર દોરવામાં આવે છે અથવા કૅમેરા વડે કાગળ ઉપર ચિત્ર હોય તેનો કાચની તકતી ઉપર સવ્ય ફોટો પાડવામાં આવે છે. આ ચિત્રને જાદુઈ ફાનસ વડે વિપુલ કરીને

આકૃતિ ૨૦૨.



જાદુઈ ફાનસ

દીવાની પાછળ પરાવર્તક (reflector) છે, द = વીજળીનો દીવો, क = બહિર્ગોળ કાચ (પ્રકાશને કેન્દ્રિત કરનાર કાચ condenser), त = કાચની તક્તી, क' = બહિર્ગોળ કાચ (જે વડે તક્તીનુ ચિત્ર પડદા ઉપર પાડવામાં આવે છે), स = પડદો.

એક પડદા ઉપર તેનું પ્રતિબિંબ પાડવામાં આવે છે. ચિત્ર ઘણું નાનું હોય છે, છતાં બહિર્ગોળ કાચના ઉપયોગથી એને ઘણું મોટું કરી શકાય છે. જાદુઈ ફાનસની રચના નીચે મુજબ હોય છે.

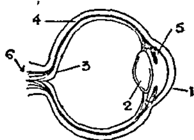
વીજળીના દીવામાંથી નીકળતો પ્રકાશ કેન્દ્રિત કાચ (condenser) ઉપર પડે છે. કેટલોક પ્રકાશ પરાવર્તક (reflector) ઉપર પડીને કેન્દ્રિત થઈને કાચ ઉપર પડે છે. એ પ્રકાશથી કાચની તકતી પ્રકાશિત બને છે. તકતી ઉપરનું ચિત્ર બહિર્ગોળ કાચના કેન્દ્રથી સહેજ દૂર, પરતુ દ્વિતીયકેન્દ્રથી નજીક રાખવામાં આવે છે; એટલે તેનું પ્રતિબિંબ પડદા ઉપર ઊલટું અને વિપુલ થયેલું (magnified) પડે છે. પ્રતિબિંબ સૂલટું પડે તેટલા માટે તકતીનું ચિત્ર ઊંધું રાખવામાં આવે છે. પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ દેખાય એટલા માટે જે ઓરડામાં જાદુઈ ફાનસ વાપરવામાં આવે છે તેને અંધારો રાખવામાં આવે છે.

૩. કૅમેરા અને જાદુઈ ફાનસની તૂલના.

કૅમેરા	જાદુઈ ફાનસ
૧. કૅમેરાની પેટીના અંદરના ભાગમાં તદ્દન અંધારૂ રાખવામાં આવે છે.	૧. જાદુઈ ફાનસનો અંદરનો ભાગ પ્રકાશિત હોય છે.
૨ કૅમેરાની બહાર સઘળે પ્રકાશ હોય છે.	૨. જાદુઈ ફાનસ વપરાય ત્યાં આસપાસની બહારની જગા અધારી રાખવામાં આવે છે.
૩. જે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પાડવાનુ હોય છે તે વસ્તુ કૅમેરાની બહાર હોય છે.	૩. જે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પાડવાનું હોય તેનાં ચિત્રની તકતીને જાદુઈ ફાનસની અંદર મૂકવામા આવે છે.
૪. કૅમેરામાં પ્રતિબિંબ પડે તે પડદો અંદર જ હોય છે.	૪. એમાં પડદો બહાર હોય છે.
૫. બહિર્ગોળ કાચનો ઉપયોગ થાય છે.	૫. બહિર્ગોળ કાચનો ઉપયોગ થાય છે.

૪. આંખ (Eye). બાજુમાં આકૃતિ (૨૦૩) માં આંખની રચના બતાવવામાં આવી છે.

આકૃતિ ૨૦૩.



1 = આંખની કીકી. (pupil) 5 = પડદા (iris), 2 = બહિર્ગોળ કાચ જેવો લેન્સ (convex lens), 3 = નેત્રપટ (retina), 4 = અક્ષિકોપ (sclarotic); એક જાતના પ્રવાહીથી ભરેલો પ્રકાશહીન આંખનો ડોળો (eyeball filled with vitreous humor), 6 = દૃષ્ટિતંતુ.

આંખનો બહિર્ગોળ લેન્સ (lens) એક જાતના સ્ફટિકરૂપ દ્રવ્યનો બનેલો છે અને તે જાડોપાતળો થઈ શકે છે. આથી તેની કેન્દ્રલંબાઈમાં વધઘટ થઈ શકે છે. એ લેન્સ વડે દૃષ્ટિપટમાં આવતી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પાછળના નેત્રપટ (૩) ઉપર પડે છે. નેત્રપટ અને લેન્સ (lens) ની વચ્ચેનું અંતર નિયત (fixed) હોય છે, એટલે વત્તાઓછા અંતરે આવેલી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ એક જ જગ્યાએ પાડવું હોય તો બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ (focal length) પણ વત્તીઓછી કરવી પડે છે. એ કાર્ય લેન્સ સાથે જોડેલા સ્નાયુઓ આપમેળે કરે છે. ઘણી દૂરની વસ્તુ જોવી હોય તો સ્નાયુઓ બહિર્ગોળ લેન્સ (lens) ને ખેંચીને પાતળો બનાવે છે, એટલે તેની કેન્દ્રલંબાઈ વધે છે. ઘણી નજીકની વસ્તુ જોવી હોય ત્યારે એ સ્નાયુ લેન્સને મુક્ત કરી જાડો બનાવે છે, આથી એની કેન્દ્રલંબાઈ ટૂંકી થાય છે અને સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર પડે છે. નેત્રપટ એ ફોટોગ્રાફિક કેમેરામાં વપરાતી પ્લેટના જેવી જ પ્રકાશગ્રહણપટુ (sensitive to light) સપાટી હોય છે. જે પ્રકાશ વડે પ્રતિબિંબ પડે છે, તેનાથી પટ ઉપર ક્ષણિક રાસાયણિક ક્રિયા

ઉત્પન્ન થાય છે. એની અસરને દૃષ્ટિતંતુ (6) વડે મગજમાં લઈ જવામાં આવે છે. કીકી (pupil) અંદરના લેન્સને રક્ષણ આપે છે. પડદા (5) વત્તાઓછા પ્રકાશને માર્ગ આપવાનું કાર્ય કરે છે. જો વસ્તુ બહુ પ્રકાશિત હોય તો તે પડદા સંકુચિત થઈને થોડા પ્રકાશને દાખલ થવા દે છે. પ્રકાશ ઘણો ઓછો હોય તો એ વધારે પહોળા થઈને ઘણા પ્રકાશનાં કિરણને દાખલ થવા દે છે. નેત્રપટ ઉપર પડતું પ્રતિબિંબ ઊલટું હોય છે, છતાં ટેવને લીધે દૃષ્ટિતંતુ વડે વસ્તુ સુલટી હોય એવો જ ભાસ મગજને થાય છે. આંખનાં સર્વે અંગોને એક મજબૂત બંધ દાબડા જેવા હાડકાંના ગોળામાં સુરક્ષિત રાખેલાં છે. એ ગોળાને અક્ષિકોષ (sclarotic) કહેવામાં આવે છે.

૫. આંખ અને કેમેરાની તુલના.

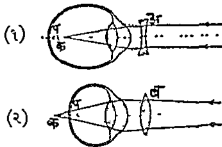
આંખ	કેમેરા
૧. આંખનો ડોળો એક અંધાર પેટી જેવો છે.	૧. કેમેરાનું ખોખું પણ એક અંધાર પેટી જેવું છે.
૨. સ્ફટિકરૂપ પદાર્થનો બહિર્ગોળ લેન્સ પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન કરે છે.	૨. કાચનો બહિર્ગોળ લેન્સ પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન કરે છે.
૩. પ્રતિબિંબ આંખના ડોળામાં જ નેત્રપટ જેવી પ્રકાશગ્રહણપટુ (light sensitive) સપાટી ઉપર પડે છે.	૩. પ્રતિબિંબ કેમેરામાં જ રાખેલી પ્રકાશગ્રહણપટુ પદાર્થથી રસેલી એક તકતી ઉપર પડે છે.
૪. પ્રતિબિંબ ઊંધું પડે છે.	૪. પ્રતિબિંબ ઊંધું પડે છે.
૫. આંખના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈમાં વધઘટ થઈ શકે છે.	૫. કેમેરાના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ તેની તેજ રહે છે.
૬. લેન્સ અને નેત્રપટ વચ્ચેનું અંતર તેનું તેજ રહે છે, પરંતુ વસ્તુની દૂરતાના પ્રમાણમાં લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈમાં વધઘટ થઈ શકે છે.	૬. વસ્તુનાં અંતરના પ્રમાણમાં લેન્સ અને પ્રતિબિંબ પડે તે તકતીનાં અંતરમાં વધઘટ કરી શકાય છે. (બોક્ષ કેમેરામાં તેમ નથી થતું.)

૬. આંખની નબળાઈઓ (Defects of Eye): ગુરુદૃષ્ટિ અને લઘુદૃષ્ટિ (Long-sight and Short-sight). આંખની નબળાઈને લીધે ઘણાખરા માણસોને ચશ્માં પહેરવાં પડે છે. માણસ ઘરડો થાય અને બરાબર દેખાય નહિ, ત્યારે આપણે કહીએ છીએ કે એને ચશ્માં આવ્યાં છે. ચશ્માં ઘણુંખરું બહિર્ગોળ અથવા અંતર્ગોળ કાચનાં હોય છે. એ કાચો આંખની નબળાઈ કેવી રીતે દૂર કરે છે એ સમજવા પહેલાં આંખની નબળાઈ કેવી જાતની હોય છે તે તપાસીએ.

આંખમાં મુખ્યત્વે બે જાતની નબળાઈ હોય છે. એક નબળાઈ લઘુદૃષ્ટિ (short-sight) ની છે. એ જાતની નબળાઈ ઘણુંખરું નાની ઉમરના માણસોને લાગુ પડે છે. એ નબળાઈને લીધે દૂરની વસ્તુ સ્પષ્ટ જોઈ શકાતી નથી, પરંતુ નજીકની વસ્તુ બરાબર દેખી શકાય છે. એવી જાતની નબળાઈવાળા માણસો લઘુદૃષ્ટિવાળા (short-sighted) છે એમ કહેવાય છે. ઘરડા માણસોને એથી ઊલટી નબળાઈ લાગુ પડે છે. એ લોકો દૂરની વસ્તુને બરાબર જોઈ શકે છે, પરંતુ નજીકની વસ્તુને બરાબર જોઈ શકતા નથી. એવી નબળાઈવાળાને ગુરુદૃષ્ટિવાળા (long sighted) કહેવામાં આવે છે.

લઘુદૃષ્ટિવાળા માણસોની આંખોનો બહિર્ગોળ લેન્સ એટલો જાડો હોય છે કે તેનું કેન્દ્ર क નેત્રપટ प સુધી જઈ શકતું નથી; એટલે દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર ન પડતાં અંદરના ભાગમાં क આગળ પડે છે (આકૃતિ ૨૦૪ '૧'). ગુરુદૃષ્ટિવાળા માણસોની આંખના બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ જોઈએ તેટલી

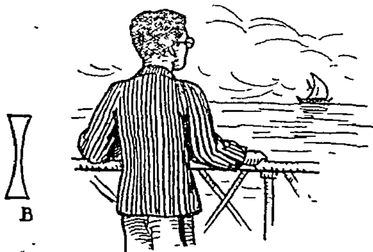
આકૃતિ ૨૦૪.



ટૂંકી થઈ શકતી નથી, કારણ કે લેન્સને જાડો-પાતળો કરનાર સ્નાયુ નિર્બળ હોય છે. એને લીધે નજીકની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટ પ ની પાછળ ક આગળ પડે છે; પરંતુ કેન્દ્ર ક, નેત્રપટ પ જેટલે આવી શકે છે એટલે દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર સ્પષ્ટ પડી શકે છે (આકૃતિ ૨૦૪ ‘ ૨ ’).

લઘુદૃષ્ટિવાળાની નબળાઈ અંતર્ગોળ કાચ વડે દૂર કરી

આકૃતિ ૨૦૫-અ.



લઘુદૃષ્ટિ

(એમા યુવાન માણસ દૂરની વસ્તુ સ્પષ્ટ જોઈ શકતો નથી તેથી અંતર્ગોળ કાચનાં ચશ્માં પહેરે છે).

શકાય છે, કારણ કે આંખની વચ્ચે અંતર્ગોળ કાચ મૂકવાથી દૂરની વસ્તુમાંથી આવતાં સમાંતરકિરણો આંખની ઉપર સમાંતર ન પડતાં પહોળાં (કેન્દ્રાપસારી, diverge) થઈને પડે છે અને આંખના ગોળાની વચ્ચે ક આગળ કેન્દ્રિત ન થતાં દૂર નેત્રપટ પ ઉપર કેન્દ્રિત થાય છે (આકૃતિ ૨૦૪ '૧'). તૂટક લીટીથી એ પ્રતિબિંબ અંતર્ગોળ કાચ વડે નેત્રપટ પ ઉપર કેવી રીતે પડે તે બતાવેલું છે.

ગુરુદૃષ્ટિવાળાને બહિર્ગોળ કાચ વાપરવો પડે છે. એ કાચ વડે નજીકની વસ્તુમાંથી નીકળતાં પહોળાં થતાં કેન્દ્રાપસારી (diverging) કિરણો કાચમાંથી પસાર થઈ થોડાં કેન્દ્રાભિસારી (converging) થાય છે, અને તેથી એ કિરણો વધુ કેન્દ્રાભિસારી બનીને નેત્રપટ પ ઉપર સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ પાડે છે, અને તે તૂટક લીટીથી બતાવવામાં આવ્યાં છે (આકૃતિ ૨૦૪ '૨').

આકૃતિ ૨૦૫–વ.

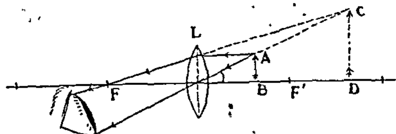


ગુરુદૃષ્ટિ

(એમાં ઘરડો માણસ નજીકની વસ્તુ સ્પષ્ટ જોઈ શકતો નથી તેથી બહિર્ગોળ કાચનાં ચશ્માં પહેરે છે.)

૭. સાદું સૂક્ષ્મદર્શક (Simple Microscope). એકાદ બહિર્ગોળ કાચને સાદાં સૂક્ષ્મદર્શક તરીકે વાપરી શકાય તે આપણે આગળ જોયું છે. બહિર્ગોળ કાચની કેન્દ્રલંબાઈ ટૂંકી હોય છે. એક વસ્તુને કેન્દ્રથી નજીક મૂકી એક કાચ L વડે જોઈએ તો તે વિપુલ થયેલી (magnified) દેખાશે. ઘડિયાળ સમારનારા કારીગરો તેમની આંખે એવા કાચવાળું ખોખું લગાવે છે અને ઘડિયાળનાં યંત્રોને એ કાચના કેન્દ્રથી નજીક લાવી જુએ છે; આથી એ સર્વ મોટાં થયેલાં લાગે છે. બારીક જીવજંતુ, વનસ્પતિનાં સૂક્ષ્મ ભાગો, મોતી વગેરેની તપાસ માટે આ સૂક્ષ્મદર્શક વપરાય છે.

આકૃતિ ૨૦૬-અ.

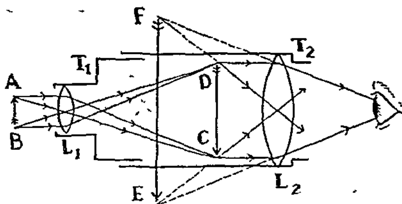


સાદાં સૂક્ષ્મદર્શક વડે રચાતું પ્રતિબિંબ:—સાદાં સૂક્ષ્મદર્શક વડે પ્રતિબિંબ કેવી રીતે તૈયાર થાય છે તે આકૃતિ (૨૦૬-અ) માં બતાવવામાં આવ્યું છે. A B વસ્તુનાં A બિંદુમાંથી A L કિરણ ધરીની સમાંતર હોવાથી L F દિશામાં જાય છે. બીજું કિરણ લેન્સ L ના મધ્યમાંથી સીધું પસાર થાય છે. એ બન્ને કિરણો બતાવ્યા મુજબ આંખમાં દાખલ થાય છે અને પ્રતિબિંબ જાણે C D આગળ હોય તેઓ ભાસ થાય છે. આમ આ સાદાં સૂક્ષ્મદર્શક વડે વિપુલ થયેલું, સુલટું અને આભાસ પ્રતિબિંબ રચાય છે.

૮. સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક (Compound Microscope). સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક (compound microscope) એ બહિર્ગોળ

કાચનું બનેલું છે. પહેલા કાચ વડે વિપુલ થયેલું પ્રતિબિંબ બીજા કાચથી વધુ વિપુલ થાય છે. A B વસ્તુ જે પ્રથમ કાચ L_1 (જેને વસ્તુકાચ–object lens કહેવામાં આવે છે) તેનાં કેન્દ્રથી સહેજ દૂર મૂકવામાં આવે છે. આથી એ વસ્તુનું ઊલટું, વિપુલ થયેલું અને સાચું પ્રતિબિંબ C D આગળ પડે છે. એ પ્રતિબિંબ બીજા કાચ L_2 ના કેન્દ્રની અંદર પડે છે, અને L_2 કાચને માટે

આકૃતિ ૨૦૬–ચ.



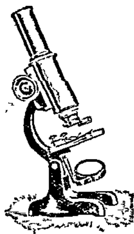
સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક,

L_1 = વસ્તુ કાચ (*object-glass*), L_2 = નેત્ર કાચ (*eye piece*)

જાણે C D આગળ એક વસ્તુ મૂકી હોય તેમ ગણી શકાય છે. C D નું L_2 વડે ઉત્પન્ન થતું પ્રતિબિંબ E Γ આગળ પડે છે અને એ પણ વિપુલ, આભાસ અને ઊલટું જ છે. L_2 કાચમાંથી નીકળતાં કિરણો E Γ થી આવતાં હોય તેવો ભાસ પડે છે. આંખને L_2 કાચની નજીક રાખવામાં આવે છે એટલે એ કાચને નેત્રકાચ (eye piece) કહેવામાં આવે છે. હમેશાં સૂક્ષ્મદર્શકમા વસ્તુકાચ-(object-glass) ની કેન્દ્રલંબાઈ નેત્રકાચ (eye-piece) ની કેન્દ્રલંબાઈથી ઓછી હોય છે (આકૃતિ ૨૦૬).

વસ્તુકાચ L_1 ને એક નાની નળી T_1 ને નીચલે નાકે જડેલો હોય છે. એ નાની નળીની ઉપરથી સરે તેવી એક મોટી નળી T_2 ને ઉપલે છેડે નેત્રકાચ L_2 જડેલો હોય છે. નાની નળી મોટી નળીમાં ચુસ્ત સરે તેમ રાખેલી હોય છે. વસ્તુનાં પ્રતિબિંબ જોવા એ બન્ને નળીને સાથે તેમ જ અરસપરસ ખસેડી શકાય તેવી રચના કરવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૦૭.



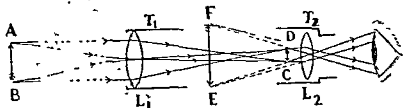
સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક

આવી જાતનાં સૂક્ષ્મદર્શકો પ્રયોગોમાં અત્યંત ઉપયોગી છે. ખાસ કરીને વૈદ્યકીય, વનસ્પતિ અને પ્રાણી વિજ્ઞાનમાં સૂક્ષ્મ ભાગોની રચના તપાસવા સૂક્ષ્મદર્શકનો ઉપયોગ તદ્દન અનિવાર્ય છે. સૂક્ષ્મદર્શક વડે નરી આંખે ન દેખાય તેવી વસ્તુઓ પણ અનેકગણી મોટી જોઈ શકાય છે. સાધારણ રીતે ૫૦૦ થી ૧૦૦૦ ગણી વિપુલતા (magnification) સામાન્ય સૂક્ષ્મદર્શકો બતાવી શકે છે. કેટલાંક વધુ તીવ્ર સૂક્ષ્મ-દર્શકોમાં ૧૨૦૦ થી ૧૫૦૦ ગણી વિપુલતા પણ મળી શકે છે. વિજ્ઞાનના પ્રયોગો માટે વપરાતું સૂક્ષ્મદર્શકનું ચિત્ર બાજુમાં આકૃતિ (૨૦૭) માં બતાવ્યું છે.

૯. **દૂરબીન (Telescope).** દૂરબીનની રચના પણ સાધારણ રીતે સૂક્ષ્મદર્શકના જેવી જ હોય છે. એની અંદર પણ બે બહિર્ગોળ કાચનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. જે કાચમાંથી દૂરની વસ્તુનાં કિરણો દૂરબીનમાં દાખલ થાય છે, તેને વસ્તુકાચ કહેવામાં આવે છે, અને જે કાચને આંખ નજીક રાખી જોવામાં આવે છે

તેને નેત્રકાચ કહેવામાં આવે છે. દૂરબીનમાં વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઈ નેત્રકાચની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં વધુ હોય છે. દૂરબીનના બે પ્રકાર હોય છે. આકાશના અભ્યાસને માટે ખગોળ દૂરબીન (astronomical telescope) વપરાય છે, અને પૃથ્વીની સપાટી ઉપરની દૂરની વસ્તુ માટે ભૂમિ (terrestrial) દૂરબીન વપરાય છે. ખગોળ દૂરબીનમાં દૂરના તારા, ચંદ્ર અને સૂર્યનું પ્રતિબિંબ ઊલટું પડે છે,

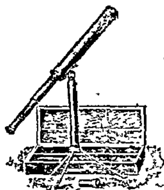
આકૃતિ ૨૦૮.



ખગોળ દૂરબીન (astronomical telescope)

જ્યારે ભૂમિ દૂરબીનમાં એક વધારાનો બહિર્ગોળ કાચ વાપરી સૂલટું પ્રતિબિંબ રચાય છે. ખગોળ દૂરબીન આકૃતિ (૨૦૮) વડે દર્શાવવામાં આવ્યું છે.

આકૃતિ ૨૦૯.



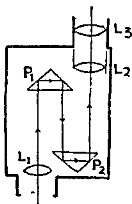
ખગોળ દૂરબીન

A B એક ઘણી દૂરની વસ્તુ છે એમાંથી આવતાં તૂટક લીટીથી દર્શાવેલાં કિરણો L_1 લેન્સ ઉપર પડે છે. એ વસ્તુ A B નું પ્રતિબિંબ L_1 કાચ વડે એ કાચનાં કેન્દ્ર (focus) ઉપર C D આગળ પડે છે. એ પ્રતિબિંબ L_2 કાચનાં કેન્દ્રની અંદર પડે છે, એટલે L_2 કાચવડે એ વિપુલ

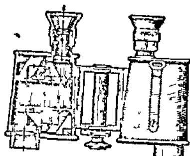
થઈને E F આગળ એનું આભાસ, વિપુલ અને ઊલટું પ્રતિબિંબ આંખ વડે જોઈ શકાય છે. વત્તાંઓછાં અંતરની વસ્તુ પણ જોઈ શકાય તેટલા માટે L_1 ને એક મોટી નળી T_1 માં જડેલો છે અને મોટી નળીમાં સરીને આગળ પાછળ જાય તેવી નાની નળી T_2 માં લેન્સ L_2 ને જડેલો છે. એવાં દૂરબીનનું એક ચિત્ર આકૃતિ (૨૦૯) માં બતાવેલું છે.

૧૦. હસ્ત–દૂરબીન (Binoculars). હસ્ત–દૂરબીન સાદાં દૂરબીન જેવું જ હોય છે. માત્ર હસ્ત–દૂરબીનમાં વસ્તુકાચ અને નેત્રકાચ વચ્ચેનું અંતર બે કાટખૂણ ત્રિપાર્શ્વ કાચ વાપરી ઓછું કરવામાં આવ્યું છે. દૂરની વસ્તુમાંથી આવતાં પ્રકાશનાં કિરણો એ દૂરબીનના વસ્તુકાચ L_1 માં દાખલ થાય છે (આકૃતિ ૨૧૦–અ).

આકૃતિ ૨૧૦–અ.



આકૃતિ ૨૧૦–બ



હસ્ત દૂરબીન

એ કિરણો પહેલા ત્રિપાર્શ્વ કાચ P_1 માં બે વખત પરાવર્ત થઈને બીજા ત્રિપાર્શ્વ કાચ P_2 ઉપર પડે છે. એમાંથી વળી એ કિરણો બે વખત પરાવર્ત થઈને નેત્રકાચો L_2 અને L_3 માં જાય છે. એ

કિરણોની કુલ માર્ગલંબાઈ આકૃતિમાંથી ગણતાં તે બન્ને કાચની વચ્ચેના અંતરથી ત્રણગણી છે એમ જણાય છે. આથી સાદા દૂરબીનમાં બન્ને કાચનું અંતર હસ્ત–દૂરબીનના કાચના અંતર કરતાં લગભગ ત્રણગણું હોય છે. બે આંખથી એકીસાથે જોઈ શકાય તેટલા માટે દરેક આંખને માટે બે દૂરબીનો એકમેકની સાથે જોડેલાં હોય છે. વત્તાઓછા અંતરે જોઈ શકાય તે માટે નેત્રકાચો L_2 અને L_3 ને જેમાં જડેલા છે તે નળીને એક સ્ક્રૂવડે આગળ પાછળ ખસેડી શકાય તેવી રચના રાખવામાં આવી હોય છે (આકૃતિ ૨૧૦–બ).

૧૧. પેરિસ્કોપ (Periscope). પેરિસ્કોપ સામાન્ય રીતે સબમરીનમાં વપરાય છે. સબમરિન સમુદ્રની સપાટીની નીચે ચાલતી હોય ત્યારે અંદર બેઠાં બેઠાં સમુદ્રની સપાટીની ઉપરની વસ્તુઓ અને સ્ટીમરો જોઈ શકાય તે માટે પેરિસ્કોપ રાખવામાં આવે છે.

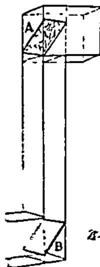
પેરિસ્કોપ વડે ઊંચી દીવાલથી છૂપાયેલી વસ્તુઓ પણ જોઈ શકાય છે. એનું કાર્ય નીચે મુજબ છે.

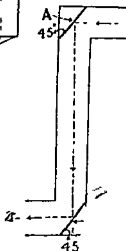
એક નળીના બે છેડા કાટખૂણે વાળેલા છે. ઉપલા છેડામાં વસ્તુમાંથી આવતાં કિરણો દાખલ થાય છે. નીચલે છેડથી વસ્તુને જોવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૧૧–અ) માં બતાવ્યા મુજબ નળીના ઉપલા કાટખૂણુ ખાંચામાં એક આરસી A રાખેલી છે અને નીચેના ખાંચામાં બીજી B આરસી રાખેલી છે. ઉપલી નળીમાંથી પ્રકાશનું કિરણ દાખલ થાય છે તે આકૃતિ (૨૧૧–બ) માં બતાવ્યા મુજબ A આરસી વડે પરાવર્તન થઈને કાટખૂણે નળીમાં જાય છે. આરસી A ને નળીની બાજુ સાથે ૪૫° ના ખૂણે રાખેલી છે. એ જ પ્રમાણે નળીને નીચેને છેડે પણ ૪૫° ના ખૂણે રાખેલી B આરસીમાંથી પરાવર્ત થઈને એ કિરણ પાછું કાટખૂણે વળે છે. આમ જે દિશા-

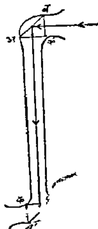
જ્યાંથી કિરણ આવે છે તેજ દિશાની સમાંતર દિશામાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ દેખાય છે.

આકૃતિ ૨૧૧.

(અ) (બ) (ક)



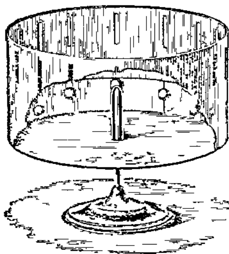




સમયને આંતરે એક હાલતીચાલતી વસ્તુનાં ઘણાં ચિત્રો લઈ આપણે તેટલી જ ઝડપથી તેમને વારાફરતી જોઈએ તો તે ચિત્રો આપણને હાલતાંચાલતાં દેખાશે. દરેક ચિત્રનું પ્રતિબિંબ સેકંડના ૧૬ મા ભાગ જેટલો વખત ટકી રહે છે, અને એટલામાં બીજા ચિત્રનું પ્રતિબિંબ આંખમાં પડે છે. આમ એક પછી એક સ્થિતિનાં પરિવર્તન ચાલુ રહેલા દેખાય છે અને ચિત્ર ગતિમાં આવેલું લાગે છે.

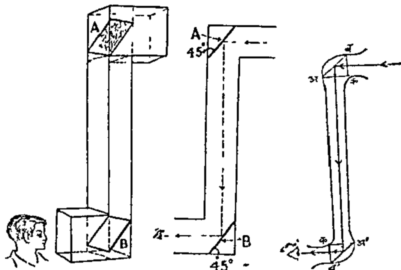
હાલતાંચાલતાં ચિત્રો (ચલચ્ચિત્રો) ની શોધ ઘણા લાંબા સમયની કહી શકાય. ૧૮૩૩ માં પ્લુટો નામના વૈજ્ઞાનિકે ગોળ ચક્ર ઉપર વસ્તુની જુદી-જુદી સ્થિતિ દર્શાવતાં ચિત્રો અનુક્રમમાં ચોઢીને તેમને ગોળ ફેરવીને પ્રથમ હાલતાચાલતાં ચિત્રો જોવા-ની યુક્તિ રચી હતી. ત્યાર પછી આકૃતિ (૨૧૨) માં બતાવ્યા મુજબનું ઝોએટ્રોપ (zoetrope) નામનું સાધન હાર્નર નામના વૈજ્ઞાનિકે શોધ્યું. એ વર્તુલાકાર ડબ્બાના જેવું છે. એની ફરતે સરખે અંતરે નાની ઊભી બારી રાખેલી છે. દરેક બારીમા જોતાં સામી બાજુએ એક દડો દેખાય છે. એક જગ્યાએ બારીમાંથી નજર કરી એ ચક્ર ફેરવવામાં આવે, તો ચક્રની અંદર ગોઠવેલા જુદાજુદા દડા દેખાશે. એ દડા અનુક્રમે વત્તીઓછી ઊંચાઈએ ગોઠવેલા છે એટલે ચક્રને

આકૃતિ ૨૧૨.



માંથી કિરણુ આવે છે તે જ દિશાની સમાંતર દિશામાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ દેખાય છે.

આકૃતિ ૨૧૧.



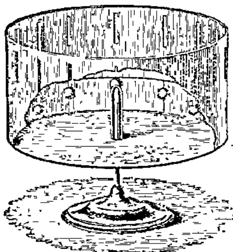
કેટલીક વાર આકૃતિ (૨૧૧-क) માં બતાવ્યા મુજબ આરસીની જગ્યાએ બે કાટખૂણુ ત્રિપાર્શ્વ કાચો રાખવામાં આવે છે. તેમાં કાટખૂણુ બાજુ ઉપર આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ આંતરિક પરાવર્તન થવાથી કિરણુ નીચે જાય છે. દૂરની વસ્તુ સ્પષ્ટ જોઈ શકાય એટલા માટે પેરિસ્કોપની નળીમાં દૂરબિનની રચના પણ રાખેલી હોય છે.

૧૨. ચિત્રપટ, સિનેમેટોગ્રાફ. આપણી આંખના નેત્રપટ ઉપર વસ્તુનું જે પ્રતિબિંબ પડે છે. તે લગભગ સેકંડના ૧૬ મા ભાગ જેટલો વખત ટકી રહે છે. સેકંડના ૧૬ મા ભાગ જેટલા

સમયને આંતરે એક હાલતીચાલતી વસ્તુનાં ઘણાં ચિત્રો લઈ આપણે તેટલી જ ઝડપથી તેમને વારાફરતી જોઈએ તો તે ચિત્રો આપણને હાલતાંચાલતાં દેખાશે. દરેક ચિત્રનું પ્રતિબિંબ સેકંડના ૧૬ મા ભાગ જેટલો વખત ટકી રહે છે, અને એટલામાં બીજા ચિત્રનું પ્રતિબિંબ આંખમાં પડે છે. આમ એક પછી એક સ્થિતિનાં પરિવર્તન ચાલુ રહેલાં દેખાય છે અને ચિત્ર ગતિમાં આવેલું લાગે છે.

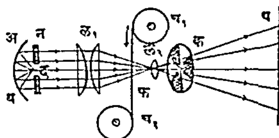
હાલતાંચાલતાં ચિત્રો (ચલચ્ચિત્રો) ની શોધ ઘણા લાંબા સમયની કહી શકાય. ૧૮૩૩ માં પ્લુટો નામના વૈજ્ઞાનિકે ગોળ ચક્ર ઉપર વસ્તુની જુદી-જુદી સ્થિતિ દર્શાવતાં ચિત્રો અનુક્રમમાં ચોઢીને તેમને ગોળ ફેરવીને પ્રથમ હાલતાંચાલતાં ચિત્રો જોવા-ની યુક્તિ રચી હતી. ત્યાર પછી આકૃતિ (૨૧૨) માં બતાવ્યા મુજબનું ઝોએટ્રોપ (zoetrope) નામનું સાધન હાર્નર નામના વૈજ્ઞાનિકે શોધ્યું. એ વર્તુલાકાર ડબ્બાના જેવું છે. એની ફરતે સરખે અંતરે નાની ઊભી બારી રાખેલી છે. દરેક બારીમાં જોતાં સામી બાજુએ એક દડો દેખાય છે. એક જગ્યાએ બારીમાંથી નજર કરી એ ચક્ર ફેરવવામાં આવે, તો ચક્રની અંદર ગોઠવેલા જુદાજુદા દડા દેખાશે. એ દડા અનુક્રમે વત્તીઓછી ઊંચાઈએ ગોઠવેલા છે એટલે ચક્રને

આકૃતિ ૨૧૨.



ઝડપથી ફેરવીને બારીમાંથી જોતાં જુદીજુદી સ્થિતિના દડા એક પછી એક દેખાય છે. ઝડપથી ચક્ર ફેરવીએ અને એક દડો સેકંડના ૧૬ મા ભાગથી ઓછા સમય માટે દેખાય તેટલામાં બીજો દડો નજરે પડે છે. આ રીતે એક પછી એક સ્થિતિના દડા વારાફરતી દેખાવાથી જાણે એક જ દડો ઊંચેનીચે ઊછળતો હોય તેવો ખ્યાલ આવે છે.

આકૃતિ ૨૧૩.



ચિત્રપટ દર્શાવવાનું યંત્ર

સિનેમાનાં યંત્રમાં એક ઘણા જ પ્રકાશિત દીવા द નું તેજ अ ब પરાવર્તક વડે પરાવર્ત થઈને લેન્સ ल१ માંથી પસાર થાય છે અને ફીલમ फ નાં ચિત્રને પ્રકાશિત બનાવે છે. ફીલમ च१ ચક્ર ઉપરથી ઉકેલાઈને નીચેના च२ ચક્ર ઉપર વીંટાય છે. એ ફીલમનું ચિત્ર લેન્સ ल२ ના કેન્દ્રથી સહેજ દૂર હોય છે, એટલે તેનું પ્રતિબિંબ પડદા प ઉપર વિપુલ થઈને પડે છે. ફીલમ ઉપરનાં ચિત્રો ઊંધા હોવાથી પડદા ઉપર સૂલટાં ચિત્રો પડે છે. લેન્સ ल२ આગળ એક પંખો क રાખેલો છે. એ પંખાની વચ્ચેની ખાલી જગામાંથી પ્રકાશ પસાર થાય છે, પરંતુ પંખાની બ્લેડ લેન્સ ल२ ની સામે આવે ત્યારે પ્રકાશ બંધ થાય છે. લેન્સ ल२ ની સામે નીચે ઊતરતી ફીલમની પટીમાંનું એક ચિત્ર આવી રહે, એટલે પંખાની

ખાલી જગા સામે આવે છે અને ચિત્ર બહારના પડદા પર પડે છે. એ પછી ક્ષણમાં ફીલમ આગળ સરે છે અને તે દરમિયાન પ્રકાશ પંખાની બ્લેડ વડે બંધ થાય છે. જેટલામાં બીજું આખું ચિત્ર બરાબર લેન્સની સામે આવે તેટલામાં બ્લેડ ખસી જાય છે, અને બીજું ચિત્ર બહારના પડદા ઉપર પડે છે. આ ફેરફાર સેકંડના ૧૬ મા ભાગના જેટલા વખતમાં થાય છે, એટલે આપણને પ્રકાશ ક્ષણભર બંધ રહે તે લક્ષમાં આવતો નથી. આ પ્રમાણે પડદા પ ઉપર ચિત્રો સતત ચાલુ રહેતાં નથી, પરંતુ થોડી થોડી ક્ષણના આંતરે પડે છે. છતાં તે ફેરફાર ઘણી ઝડપથી થતો હોવાથી ચિત્ર બંધ રહે તે લક્ષમાં આવતું નથી.

ફીલમની પટી ઉપરનાં ચિત્રો પણ એટલી જ ઝડપથી લીધેલાં હોય છે. વસ્તુની હાલતીચાલતી અવસ્થાનાં અનેક ચિત્રો લેવાં પડે છે, અને ઓછામાં ઓછાં સેકંડમાં ૨૦ કે ૧૬ તો લેવાં જ જોઈએ.

સાર

૧. ફોટોગ્રાફિક કેમેરા એક પ્રકાશચુસ્ત પેટી છે. એને એક નાકે બહિર્ગોળ કાચ (convex lens) રાખેલો છે અને બીજે નાકે ફોટોગ્રાફની તક્તી મૂકવામાં આવે છે. બૉક્સ કેમેરામાં લેન્સ અને તક્તીની વચ્ચેનું અંતર નિયત હોય છે, જ્યારે સારા કેમેરાની બાજુ ધમણ જેવી રાખીને એ અંતર વધઘટ થાય તેમ રાખેલું હોય છે. માત્ર દૂરની વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ બૉક્સ કેમેરામાં પડે છે. સારા કેમેરામાં ગમે તે અંતર દૂરની વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ લઈ શકાય છે.

૨ જાદુઈ ફાનસ વડે નાની કાચની તક્તી ઉપરનું ચિત્ર દૂરના પડદા ઉપર વિપુલ કરી પાડવામાં આવે છે. એક બહુ તીવ્ર દીવા વડે કાચની તક્તીને પ્રકાશિત કરવામાં આવે છે. એ તક્તીને એક લેન્સના કેન્દ્રથી સહેજ દૂર અને ઊંધી રાખવાથી પડદા ઉપર મોટું અને સૂલટું ચિત્ર પડે છે. કેમેરાની પેટીમાં

અંધારું હોય છે અને બહાર પ્રકાશ હોય છે. જ્યારે જાદુઈ ફાનસની અંદર પ્રકાશ હોય છે અને બહાર ઓરડામાં અંધારું રાખવામાં આવે છે.

૩. આંખ પણ એક કૅમેરા જ છે. એની વિશિષ્ટતા એના લેન્સમાં છે. એ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ નાની મોટી થઈ શકે તેવી હોય છે. આથી નેત્રપટ (retina) અને લેન્સ વચ્ચેનુ અંતર નિયત હોવા છતાં ગમે તે અંતરની વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર પડે છે. એ પ્રતિબિંબની અસર દષ્ટિતંતુ વડે મગજને પહોંચાડવામાં આવે છે.

આંખની નબળાઈઓ મુખ્ય બે છે. યુવાન માણસો દૂરની વસ્તુને સ્પષ્ટ ન જોઈ શકે તો તે નબળાઈને લઘુદષ્ટિ કહેવામાં આવે છે. અંતર્ગોળ કાચનાં ચશ્માં વાપરવાથી એ નબળાઈ દૂર થાય છે. ઘરડા માણસો નજીકની વસ્તુને સ્પષ્ટ જોઈ શકતા ન હોય તો તે નબળાઈને ગુરુદષ્ટિ કહેવામાં આવે છે. ગુરુદષ્ટિની નબળાઈ બહિર્ગોળ કાચનાં ચશ્માં વાપરવાથી દૂર થાય છે.

૪. બહિર્ગોળ કાચના કેન્દ્રથી નજીક વસ્તુ રાખીને જોઈએ તે વિપુલ દેખાય છે એટલે એ કાચને સાદો સૂક્ષ્મદર્શક કહેવામાં આવે છે. સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકમાં બે બહિર્ગોળ કાચ વાપરવામાં આવે છે. વસ્તુને વસ્તુકાચ (object-glass) ની નજીક રાખવામાં આવે છે અને તેનું પ્રતિબિંબ નેત્રકાચ (eye-piece) ના કેન્દ્રથી નજીક આવે છે, એટલે તે વધુ વિપુલ થાય છે. વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઈ નેત્રકાચના કરતાં ઘણી નાની હોય છે.

૫. દૂરબીનમાં વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઈ નેત્રકાચના કરતાં મોટી હોય છે. દૂરની વસ્તુનું નાનું પ્રતિબિંબ નેત્રકાચનાં કેન્દ્રથી નજીક પડે છે અને તે વિપુલ થઈને વસ્તુને મોટી અને નજીક દેખાડે છે. હસ્ત-દૂરબીન (binoculars) માં દૂરબીન જેવી જ રચના હોય છે. માત્ર વસ્તુકાચ અને નેત્રકાચની વચ્ચેનું લાંબું અંતર-બે ત્રિપાર્શ્વ કાચ રાખી તેમાંથી કિરણનાં ચાર વાર પરાવર્તન કરી-ટુંકાવવામાં આવેલું હોય છે. પેરિસ્કોપ સબમરીનમાં વપરાય છે. સમુદ્રની સપાટીના વસ્તુનાં કિરણો એના મુખમાં દાખલ થઈ ત્રિપાર્શ્વ કાચ વડે કાટખૂણે વળીને નળીમાં દાખલ થાય છે અને બીજે છેડે પાછા એવા જ કાચ વડે કાટખૂણે વળીને નેત્રકાચમાં દાખલ થાય છે અને બહારની વસ્તુ અંદરથી દેખાય છે. ત્રિપાર્શ્વની જગ્યાએ બે આરસીને દાખલ કરી અને બહાર નીકળતાં કિરણને ૪૫° નો ખૂણો કરીને રાખીએ તો પણ ચાલે.

૬. એક જ જગ્યાએ વારાફરતી હલનચલનના જુદીજુદી સ્થિતિનાં ચિત્રો અનુક્રમે એક સેકંડના ૧૬ કરતાં વધુ સંખ્યામાં પાડવામાં આવે તો તે ચિત્રો હાલતાંચાલતાં દેખાય છે. સિનેમેટોગ્રાફ એ જાદુઈ ફાનસ જેવું સાધન છે, માત્ર વારાફરતી એક પછી એક ચિત્રો પડદા ઉપર પડે તેવી રચના તેમાં કરવામાં આવેલી છે.

પ્રશ્નો

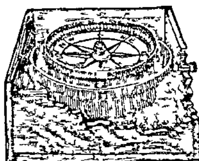
(૧) કાચ વિનાનાં અને બહિર્ગોળ કાચના કૅમેરાની સરખામણી કરો.
(૨) બહિર્ગોળ કાચ વાપરવાથી થતો ફાયદો સમજાવો.
(૩) એક દૂરની વસ્તુનો ફોટો લેવા માટે પ્લેટને લેન્સથી ૩૦ સેમિ. દૂર રાખવી પડે છે તો એ કાચની કેન્દ્રલંબાઈ કેટલી?
(૪) જાદુઈ ફાનસની આકૃતિ પાડી રચના સમજાવો.
(૫) એમાં ચિત્રવાળી તક્તીને ઊંધી મૂકવામાં આવે છે એનું કારણ આકૃતિ આપી સમજાવો.
(૬) જાદુઈ ફાનસ અને ફોટોગ્રાફિક કૅમેરાનો ફેર સમજાવો.
(૭) પેરીસ્કોપ અને હસ્ત-દૂરબીનની રચના સમજાવો.
(૮) આંખના મુખ્ય ભાગો આકૃતિ આપી દર્શાવો, અને દરેક ભાગના કાર્યનો ટૂંકમાં સાર લખો.
(૯) આંખને કૅમેરા સાથે સરખાવો.
(૧૦) ગુરુદૃષ્ટિ અને લઘુદૃષ્ટિ કોને કહે છે? એ બન્ને નબળાઈ કેવા કાચ વડે દૂર થાય છે તે સમજાવો.
(૧૧) બહિર્ગોળ કાચને સાદો સૂક્ષ્મદર્શક કેમ કહેવામાં આવે છે?
(૧૨) સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક (compound microscope) ની રચના આકૃતિ વડે સમજાવો. વસ્તુનું પ્રતિબિંબ આકૃતિ પાડી દર્શાવો.
(૧૩) દૂરબીન અને સૂક્ષ્મદર્શનના વસ્તુકાચ (object glass) અને નેત્રકાચ (eye-piece) માં શા તફાવત હોય છે.
(૧૪) હસ્ત દૂરબીન, આકાશી દૂરબીન અને ભૂમિ દૂરબીન વચ્ચે શો ફેર છે? બન્ને દૂરબીનમાં પ્રતિબિંબ કેમ પડે છે તે આકૃતિ વડે દર્શાવો.

પ્રકરણ ૨૨

ચુંબકત્વ (Magnetism)

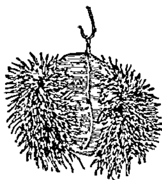
૧. લોહચુંબકત્વ (Magnet). કેટલા યે સૈકાઓ થયાં એ જાણીતી વાત છે કે લોખંડની મેગ્નેટાઈટ નામની કાચી ખનિજ ધાતુમાં લોખંડના ટુકડાને આકર્ષણ કરવાનો ગુણ રહેલો છે. ઈ. સ. પૂર્વે ૧૦૦૦ વર્ષ પહેલાં ચીનના વિસ્તૃત પ્રદેશમાં મુસાફરી કરતાં ગાડાની દિશાચૂક ન થાય તેટલા માટે ગાડા ઉપર એક લાંબા હાથવાળું ગોળ ફરે એવું માણસનું પૂતળું જડીને રાખવામાં આવતું હતું. એ પૂતળાનો હાથ હમેશાં ઉત્તર તરફ જ દેખાડતો. એ વખતે ચીનના લોકોને લોહચુંબકની માહિતી હતી એમ લાગે છે. ઈ. સ. ના ત્રીજા સૈકામાં ચીનના વહાણવટીઓએ લોહચુંબકની સોય (needle) નો હોકાયંત્ર (compass) તરીકે ઉપયોગ કર્યો હતો (આકૃતિ ૨૧૪). યુરોપમાં લોહચુંબકની શોધ ઘણી મોડી થઈ હતી. થેસેલીના મેગ્નેસિયા નામના પરગણામાં લોહચુંબક પ્રથમ જડ્યો હોવાથી એને મેગ્નેટ (magnet) નામ આપવામાં આવ્યું હતું. જે કુદરતી ખનિજ (piece of ore) માં આ ગુણ હોય તેને "કુદરતી લોહચુંબક (natural magnet)" કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૧૪.



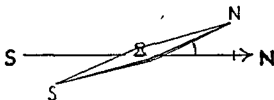
હોકાયંત્ર

આકૃતિ ૨૧૫.



પ્રયોગ—એક કુદરતની લોહચુંબકને વચ્ચેથી લટકાવો. એના બે અણીવાળા છેડા કયી દિશામાં રહે છે તે જુઓ (આકૃતિ ૨૧૫). એ બન્ને છેડાને બીજી દિશામાં રાખવાનો પ્રયત્ન કરી જુઓ. એ જ પ્રમાણે એક લોહચુંબક સોયને (આકૃતિ ૨૧૬) લઈને ઉપરનો પ્રયોગ કરી જુઓ. એ સર્વે કયી દિશામાં સ્થિર રહે છે ? લોખંડના સળિયાને એ જ પ્રમાણે લટકાવી પ્રયોગ કરી જુઓ.

આકૃતિ ૨૧૬.



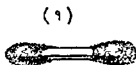
ઘણાં પ્રાચીન કાળથી બનાવટી લોહચુંબક ઉત્પન્ન કરવાની રીતની લોકોને માહિતી હતી, પરંતુ ૧૨ મી સદી સુધીમાં લોકોને એમ ખબર ન હતી કે લોહચુંબકને લટકાવવાથી તે હમેશાં ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં જ રહે છે. ઉપરના પ્રયોગથી માલૂમ પડે છે કે કુદરતી લોહચુંબકના એકાદ અણીવાળા પથ્થરને વચ્ચેથી દોરી વડે લટકાવીએ તો તેના બે છેડા હમેશાં ઉત્તરદક્ષિણ જ રહે છે. આ કારણને લીધે કુદરતી લોહચુંબકને દિશાસૂચક પથ્થર (lodestone or leading stone) કહેવામાં આવતો. એકાદ લોખંડના ટુકડાને કુદરતી લોહચુંબકની સાથે એક જ દિશામાં ઘસીએ તો એ ટુકડામાં પણ ચુંબકત્વ (magnetism) આ

તેને પણ વચ્ચેથી લટકાવીશું તો તેના છેડા ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં જ રહેશે.

૨. લોહચુંબકના પ્રકાર. લોહચુંબકના મુખ્ય બે પ્રકાર છે: (૧) કુદરતી લોહચુંબક (આકૃતિ ૨૧૫) અને (૨) બનાવટી લોહચુંબક. બનાવટી લોહચુંબક ત્રણ ઘાટના હોય છે: (૧) ગજિયો લોહચુંબક (bar magnet), (૨) ઘોડા–નાળ લોહચુંબક (horse-shoe) અને (૩) સોય લોહચુંબક (magnetic needle) એ સઘળા લોહચુંબક આકૃતિ (૨૧૭) માં બતાવ્યાં છે. કુદરતી લોહચુંબક જમીનમાંથી મળી આવે છે. ગજિયા લોહચુંબકને કુદરતી લોહચુંબક

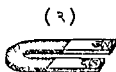
આકૃતિ ૨૧૭.

(૧)



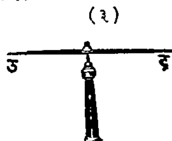
ગજિયો લોહચુંબક

(૨)



ઘોડાનાળ લોહચુંબક

(૩)

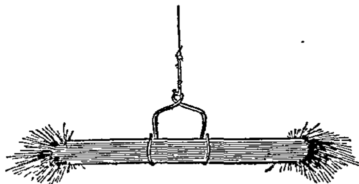


લોહચુંબક સોય

સાથે ઘસવાથી તૈયાર કરી શકાય છે અથવા એક લોખંડના સળિયા (bar) ની ફરતે તાર વીંટાળી તે તારમાંથી વિદ્યુત પસાર કરવાથી વિદ્યુત–લોહચુંબક તૈયાર થાય છે. ઘોડાનાળ લોહચુંબક લોખંડનાં વજન ઊંચકવામાં વધુ ઉપયોગી નીવડે છે. સોય લોહચુંબક ખાસ કરીને હોકાયંત્ર બનાવવામાં ઉપયોગી થાય છે.

૩. લેાહચુંબકના ધ્રુવેા (Poles of a Magnet).

આકૃતિ ૨૧૮.



પ્રયેાગ (૧):—એક ગજિયા લેાહચુંબકને લેાખંડના વહેર (iron filing) માં નાંખીને બહાર કાઢેા. લેાખંડનેા વહેર વધુ જથ્થામાં કયી બાજુએ વળગેલેા રહે છે તે જુએા (આકૃતિ ૨૧૮). હવે એ લેાહચુંબકને વચ્ચેથી લટકાવી જુએા કે વધુ વહેર લાગેલા છેડા કયી દિશામાં રહે છે ?

આકૃતિ ૨૧૯.



ઉપરનેા પ્રયેાગ એક લેાહચુંબક સેાયને લઈને કરેા આકૃતિ (૨૧૯). કુદરતી લેાહચુંબક લઈ ફરીથી કરેા.

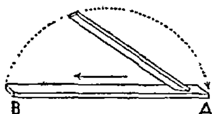
(૨):—એક ગજિયા લેાહચુંબકની ઉપર મધ્યથી છેડા સુધી બન્ને બાજુ સરખે અંતરે ચાકથી નિશાની કરેા. હવે એ લેાહચુંબકને વચ્ચેથી લટકાવેા. નિશાનીવાળી જગ્યાએ નાની લેાખંડની ચૂંક લટકાવેા. એ ચૂંકની નીચે બીજી લટકાવેા. પ્રત્યેક નિશાની કરેલા સ્થળે વધુમાં વધુ કેટલી ચૂંક વળગી રહે છે તેની નેાંધ કરેા. મધ્યમાં ચૂંક વળગી રહે છે કે ? લેાહચુંબકનું ચુંબકબળ ગજિયા ઉપર કેવી રીતે વહેંચાયેલું છે તેની નેાંધ કરેા. કયે સ્થળે સૌથી વધુ ચુંબકબળ રહેલું છે ?

ઉપરના પ્રયોગોમાંથી માલૂમ પડે છે કે લોહચુંબકને લોખંડના વહેર (iron filings) માં નાખીને કાઢી લેતાં દરેક છેડે ઘણા પ્રમાણમાં લોખંડના રજકણો ચોંટી જાય છે; પરતુ વચ્ચેના ભાગમાં લગભગ નહિ જેવાં જ રજકણો ચોંટશે પ્રયોગ ઉપરથી એમ લાગે છે કે બન્ને છેડાના ભાગમા લોખડના રજકણોને આકર્ષવાનું બળ વિશેષ હોય છે અને મધ્યમા એ બળ નહિ જેવું જ હોય છે. આથી જ્યા આકર્ષણબળ વિશેષ છે ત્યા આગળના બન્ને છેડાને ધ્રુવ (pole) કહેવામા આવે છે. લોહચુબકને લટકાવતાં જે છેડો ઉત્તર દિશા તરફ રહેતો હોય તેને "ઉત્તર ધ્રુવ (north pole)" અથવા ઉત્તર દિશા બતાવતો ધ્રુવ કહેવામાં આવે છે અને જે છેડો દક્ષિણ દિશામાં રહે છે તેને "દક્ષિણ ધ્રુવ (south pole)" કહેવામા આવે છે. ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવને અનુક્રમે માત્ર ઉ અને દ વડે દર્શાવાય છે. અંગ્રેજીમા ઉત્તર ધ્રુવને N (north pole) અને દક્ષિણ ધ્રુવને S (south pole) વડે દર્શાવવામાં આવે છે. કોઈ પણ લોહચુંબકની ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવને જોડનારી લીટીને લોહચુંબકની ધરી (axis) કહેવામા આવે છે

૪. **લોહચુંબક તૈયાર કરવાની રીત.** પ્રયોગ (૧):—એક લોખડના સળિયાને લઈ તેના ઉપર લોહચુમકના એક છેડા વડે એક બાજુથી બીજી બાજુ A થી B તરફ આકૃતિ (૨૨૦) મા બતાવ્યા મુજબ ઘસો (લોહચુબક માત્ર એક જ દિશામા ઘસવો જોઈએ) હવે એ સળિયાને લોખડના વહેરમા નાખી જુઓ વહેર એના છેડાને વળગે છે કે ? A B સળિયામા ચુબકત્વ આવે છે

(૨).—એક લોખડની સોય લઈને તેની મધ્યે એક લોહચુબકનો ઉ અને બીજાનો દ ધ્રુવ રાખો હવે બન્ને ધ્રુવને દૂર ખેંચો ફરીથી બન્ને

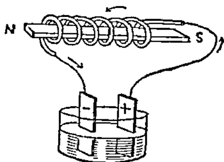
આકૃતિ ૨૨૦.



ધ્રુવને વચ્ચે મૂકી ઉપર પ્રમાણે ખેંચો. પાંચદશ વખત એ પ્રમાણે કર્યા પછી સોયને લોખંડના વહેરમાં નાંખી જુઓ કે તેમાં ચુંબકત્વ આવ્યું છે કે નહિ.

પ્રયોગ (૩):—આકૃતિ (૨૨૧) માં બતાવ્યા મુજબ એક ભરતર લોખંડનો સળિયો લઈ તેની ફરતે એક વિદ્યુતવાહક તાર વીંટાળો. વિદ્યુતવાહક તાર એ સળિયાને અડવો ન જોઈએ, એટલા માટે અલગ કરેલો એટલે કે કપડાં અગર રબરથી ઢાંકેલો તાર લેવો. હવે એ તારના બન્ને છેડાને એક વિદ્યુતકોષ (electric cell) ને જોડો. એ તારમાંથી તીરથી બતાવ્યા પ્રમાણે વિદ્યુત-પ્રવાહ પસાર થશે. હવે એ ભરતર લોખંડના છેડાને લોખંડના વહેરમાં દાખલ કરી જુઓ કે એમાં ચુંબકત્વ આવ્યું છે કે નહિ. વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ કરી જુઓ કે લોખંડના સળિયામાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે નહિ? આવી જ જાતનો પ્રયોગ પોલાદ (steel) નો સળિયો લઈ કરો, અને વિદ્યુતપ્રવાહને લાંબો વખત ચાલુ રાખો. એ સળિયામાં ચુંબકત્વ આવે છે કે? વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ કરી જુઓ કે સળિયામાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે નહિ?

આકૃતિ ૨૨૧.



ઉપરના પ્રયોગ (૧) અને (૨) ઉપરથી સમજાય છે કે લોખંડના ટુકડા ઉપર અમુક રીતે લોહચુંબક વડે ઘસવામાં આવે તો તેમાં ચુંબકત્વ આવે છે; ભરતર લોખંડની ફરતે તાર વીંટાળી તે તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરીએ તો પ્રયો

માં બતાવ્યા પ્રમાણે તેમાં ચુંબકત્વ આવે છે, અને બન્ને છેડા ઉપર લોખંડનો વહેર વળગી જાય છે; પરંતુ વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય એટલે એ સળિયામાં ચુંબકત્વ રહેતું નથી. પોલાદ લોખંડ (સ્ટીલ) માંનું ચુંબકત્વ વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય પછી લાંબો વખત ટકી રહે છે.

કાયમી લોહચુંબક બનાવવા માટે સ્ટીલ (ઘડતર લોખંડ) જ વપરાય છે, અને ક્ષણિક ચુંબકત્વ લાવવા માટે ભરતર લોખંડ (soft iron) વપરાય છે. આવી જાતનો વિદ્યુતપ્રવાહ ફરતેથી પસાર થવાથી જે ક્ષણિક લોહચુંબક તૈયાર થાય છે, તેને વિદ્યુતચુંબક (electro-magnet) કહેવામાં આવે છે. ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે એવા વિદ્યુતચુંબક વડે મોટાં વજનો ઊંચકી શકાય છે, પરંતુ જેવો વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ પડે કે તરત તેમાંનું ચુંબકત્વ જતું રહેવાથી વજનો નીચે પડે છે.

૫. ચુંબકત્વ નાશ કરવાની રીત. પ્રયોગ (૧):—એક નાના લોહચુંબકને લાંબો વખત સુધી ખૂબ તપાવો. તેમાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે ?

(૨):—એક લોહચુંબકને વારંવાર પછાડો અથવા લોખંડના હથોડા વડે લાંબો વખત ટીપો. એમાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે ?

(૩):—એક લોહચુંબક સોયના દ ધ્રુવ ઉપર બીજા તેજદાર લોહચુંબકનો ઉ ધ્રુવ મૂકો અને તેને સોયના બીજા ધ્રુવ તરફ જોરથી દબાવી ખેંચો. પાંચદશ વખત આમ કર્યા પછી લોહચુંબક સોયમાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે કેમ તે તપાસો.

ઉપર બતાવ્યા પ્રમાણે જો લોહચુંબકને ખૂબ તપાવીએ, વારંવાર પછાડીએ, હથોડા વડે ટીપીએ અથવા પ્રયોગ (૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઊલટી દિશાનું ચુંબકત્વ આપીએ તો તેમાંથી ચુંબકત્વ બળનો નાશ થાય છે.

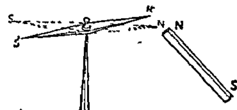
૬. લેાહચુંબકના આકર્ષણ અને અપાકર્ષણના નિયમેા (Laws of Magnetic Attraction and Repulsion).

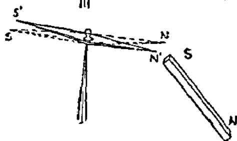
પ્રયેાગઃ—આકૃતિ (૨૨૨–અ) માં બતાવ્યા મુજબ એક અણીવાળા સળિયા ઉપર રાખેલી સેાયના ઉત્તર ધ્રુવની નજીક બીજા ગજિયા લેાહચુંબકનેા ઉત્તર ધ્રુવ લાવેા. ધીમે ધીમે એ ગજિયાના છેડાને સેાયની ફરતે ફેરવેા. પરિણામ શું આવે તેની નેાંધ કરેા.

હવે લેાહચુંબક સેાયના દક્ષિણ ધ્રુવની નજીક ગજિયા લેાહચુંબકનેા ઉત્તર છેડેા લઈ જાએ (આકૃતિ ૨૨૨–બ) અને જુએ કે પરિણામ શું આવે છે.

લેાહચુંબક સેાયની નજીક તેજદાર ગજિયેા લેાહચુંબક લાવતાં ગજિયા લેાહચુંબકના N ધ્રુવ વડે સેાયનેા N છેડેા અપાકર્ષાય છે. જે ગજિયા લેાહચુંબકનેા S ધ્રુવ સેાયના N ધ્રુવની નજીક લઈ જઈએ તેા એ બન્ને વચ્ચે આકર્ષણ (attraction) થાય છે. એ જ પ્રમાણે જે ગજિયાનેા N ધ્રુવ સેાયના બન્ને છેડા નજીક વારાફરતી લાવીએ તેા માલૂમ પડે છે કે સેાયનેા S ધ્રુવ આકર્ષાય છે અને N ધ્રુવ અપાકર્ષાય છે અને દૂર હઠે છે. એ જ પ્રમાણે કેાઈ પણ બે લેાહચુંબકના વિજાતીય (opposite) ધ્રુવને નજીક લાવીએ તેા તે બેની વચ્ચે આકર્ષણ થાય છે અને બે સજાતીય (similar)

આકૃતિ ૨૨૨–અ.





આકૃતિ ૨૨૨–બ.

નજીક લાવીએ તો અપાકર્ષણ થાય છે આ ઉપરથી એક સામાન્ય નિયમ નીચે પ્રમાણે મળે છે:

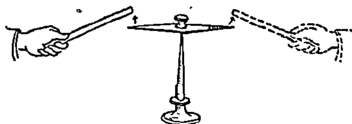
"સજાતીય ધ્રુવ એકબીજાને અપાકર્ષે છે અને વિજાતીય ધ્રુવ એકબીજાને આકર્ષે છે. Like poles repel each other and unlike poles attract each other"

૭. **લોહચુંબકના ધ્રુવો પારખવાની રીત.** આપણી પાસે એક લોહચુંબક હોય તો તેના ધ્રુવો પારખવા માટે તેને વચ્ચેથી લટકાવીએ તો ઉ ધ્રુવ ઉત્તર દિશામા રહેશે અને દ ધ્રુવ દક્ષિણ દિશામા રહેશે. ધારો કે એ ચુંબક મોટો હોય અને લટકાવી શકાય એવો ન હોય તો એના ધ્રુવ પારખવા માટે નીચેની એકાદ રીત આપણે અજમાવવી પડશે એક લોહચુંબકની સોય અથવા હોકાયંત્રની સોય લઈને તેને આપેલા લોહચુંબકના બન્ને છેડાની નજીક વારાફરતી લાવો. સોયનો ઉ ધ્રુવ જે છેડા વડે આકર્ષાય છે તે લોહચુંબકનો વિજાતીય ધ્રુવ એટલે દ ધ્રુવ હોવો જોઈએ એમ ખાતરી થાય છે. એ જ પ્રમાણે લોહચુંબકનો બીજો છેડો ઉ ધ્રુવ હોવો જોઈએ અને તેથી તેને સોયની નજીક લાવતાં તે સોયના દ ધ્રુવને આકર્ષશે.

૮. **સાદા લોખંડના સળિયાને અને લોહચુંબકના સળિયાને પારખવાની રીત.** પ્રયોગ —એક સોયને અણીવાળા સળિયા ઉપર આકૃતિ (૨૨૨) મા બતાવ્યા પ્રમાણે મૂકો સરખા દેખાવનો એક લોખંડનો સળિયો અને એક લોહચુંબક લો એમાથી એક સળિયાના છેડાને એ સોયના બન્ને છેડા તરફ વારાફરતી લઈ જાઓ ધારો કે સળિયાના એક છેડાને સોયના એક છેડા તરફ લઈ જતા આકૃતિ (૨૨૨) મા બતાવ્યા મુજબ આકર્ષણ થાય છે અને બીજા છેડા તરફ લઈ જતા અપાકર્ષણ થાય છે.

હવે ધારો કે બીજા સળિયાના છેડાને લોહચુંબક સોયના બન્ને છેડા તરફ વારાફરતી લઈ જતા દરેક બાજુએ માત્ર આકર્ષણ જ થતુ માલૂમ પડે

આકૃતિ ૨૨૩.



છે (આકૃતિ ૨૨૩). સળિયાનો બીજો છેડો સોય તરફ લઈ જતાં પણ એ જ પરિણામ આવે છે.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી શું અનુમાન કરો છો ? બન્ને સળિયા એકસરખા છે કે જુદા પ્રકારના ? એમાંથી લોહચુંબક કયો છે ? લોહચુંબકના ધ્રુવો કેમ પારખશો ?

ઉપરના પ્રયોગમાં આપણને એક લોખંડનો અને લોહચુંબકનો સળિયો આપ્યો હોય તો તેમાં લોહચુંબક અને સાદો લોખંડનો ટુકડો કયો તે આપણાથી એમ ને એમ પારખી શકાશે નહિ; કારણ કે લોહચુંબક અને લોખંડના સળિયાની વચ્ચે માત્ર આકર્ષણ થાય છે. લોહચુંબકનો ગમે તે છેડો લોખંડના ટુકડાના ગમે તે છેડા તરફ લાવો, તો પણ તે બેની વચ્ચે આકર્ષણ જ થાય છે અને તે એમાં લોખંડનો ટુકડો કયો અને લોહચુંબક કયો તે એમ ને એમ કહી શકાતું નથી.

હવે ધારો કે એક લોહચુંબક સોયની નજીક એક સળિયો લાવીએ અને એમ માલૂમ પડે કે એ સળિયો સોયના બન્ને ધ્રુવને બન્ને છેડે આકર્ષે છે અને અપાકર્ષણ બિલકુલ થતું નથી, તો આપણી ખાતરી થાય છે કે તે સળિયામાં ચુંબકત્વ નથી; નહિતર લોહચુંબકનો સળિયો હોય તો તેનો એક છેડો એક ધ્રુવને

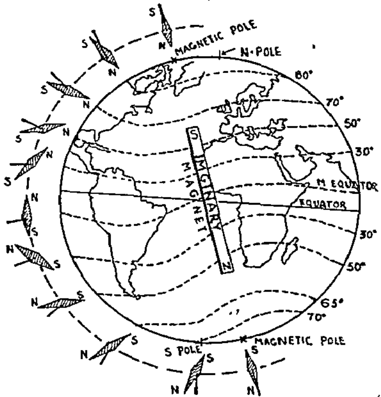
આકર્ષશે, પરંતુ બીજો તે જ ધ્રુવને અપાકર્ષશે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય કે લોહચુંબકની પરીક્ષા માટે અપાકર્ષણ જ આધારભૂત ગણી શકાય.

૯. લોહચુંબક ઉત્તર દક્ષિણ જ શાથી રહે છે? લોહચુંબકની સોય અથવા એક સળિયો લટકાવીએ તો એ ઉત્તરદક્ષિણ જ રહે છે. એનું કારણ ઉપર બતાવેલા આકર્ષણના અને અપાકર્ષણના નિયમ વડે સમજી શકાય છે. પૃથ્વીના પેટાળમા અથવા ભીતરમાં જે દ્રવ્ય રહેલું છે, તેને એક મોટા લોહચુંબકરૂપ તરીકે ગણી શકાય, એટલે આકૃતિ (૨૨૪) મા બતાવ્યા મુજબ પૃથ્વીના પેટાળમાં એક ઘણો મોટો લોહચુંબક છે એમ માનીએ તો પણ ચાલશે. (પરંતુ પૃથ્વીમાં એવો ખરેખરો કોઈ લોહચુંબક હોતો નથી તે ધ્યાનમા રાખવું). પૃથ્વીના લોહચુંબકનો એક ધ્રુવ ઉત્તર તરફ આવેલો છે અને બીજો ધ્રુવ દક્ષિણ તરફ આવેલો છે. આ બે ધ્રુવના આકર્ષણને લીધે દરેક લોહચુંબક ઉત્તરદક્ષિણ જ રહે છે.

એક લોહચુંબકનો જે છેડો ઉત્તર દિશા તરફ આકર્ષાય છે તેને આપણે ઉત્તર દિશા બતાવતો ધ્રુવ અથવા ઉત્તર ધ્રુવ કહીએ છીએ, અને દક્ષિણ દિશા તરફ આકર્ષાતા ધ્રુવને દક્ષિણ દિશા બતાવતો અથવા દક્ષિણ ધ્રુવ કહીએ છીએ. હવે આકર્ષણના નિયમ પ્રમાણે હમેશા બે વિજાતીય ધ્રુવો એકબીજાને આકર્ષે છે, એટલે પૃથ્વીની ઉત્તર દિશામાં રહેલો ધ્રુવ અને લોહચુંબકનો ઉત્તર તરફનો ધ્રુવ એ એકબીજાથી વિરુદ્ધ પ્રકારના હોવા જોઈએ. આથી આપણે એમ કહી શકીએ કે પૃથ્વીનો ઉત્તર દિશામાં આવેલો ધ્રુવ 'દક્ષિણ ધ્રુવ' ના જેવો છે, અને તેથી જ દરેક લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવને તે દિશામાં આકર્ષે છે; અને દક્ષિણ દિશામાં આવેલો પૃથ્વીનો ધ્રુવ 'ઉત્તર ધ્રુવ' ના જેવો છે.

લોહચુંબક સોયને પૃથ્વીની સપાટી ઉપર જુદેજુદે સ્થળે રાખવામાં આવે તો તે આકૃતિ (૨૨૪) માં બતાવ્યા મુજબ રહે છે.

આકૃતિ ૨૨૪.



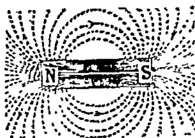
પૃથ્વી એક લોહચુંબક છે. એમાં એક કાલ્પનિક લોહચુંબક રહેલો હોય તેમ ગણી શકાય છે, પરંતુ અંદર ખરેખરો લોહચુંબક હોતો નથી.

૧૦. ચુંબકબળ રેષાઓ (Magnetic Lines of Force). એક લોહચુંબકને કાગળ ઉપર મૂકી એક ચાળણી વડે લોખંડના વહેરની ભૂકી નાંખશો અને કાગળને સહેજ હલાવશો તો આકૃતિમાં

(૨૨૫-અ) માં બતાવ્યા મુજબ લોખંડનો વહેર રેષાબંધ ગોઠવાઈ જશે, અને માલૂમ પડશે કે લોહચુંબકની રેષાઓ એક છેડે શરુ થઈ બીજા છેડા તરફ જાય છે. એને લોહચુંબકની બળરેષા અથવા

(અ) આકૃતિ ૨૨૫ (વ)





ચુંબકબળરેષાઓ (lines of force) કહેવામાં આવે છે. એકાદ નાની ચુંબક સોય લઈ એ રેષા ઉપર મૂકીશું તો માલુમ પડશે કે દરેક ઠેકાણે એ સોય ચુંબકરેષાની દિશામાં રહે છે. આ ઉપરથી એમ લાગે છે કે લોહચુંબકની ફરતે દરેક જગ્યાએ ચુંબકરેષા લોહચુંબકના બળની દિશા સૂચવે છે. એકાદ લોખંડનો બારીક કણ લોહચુંબકની નજીક મૂકયો હોય તો એ કણ એ રેષાને માર્ગે આકર્ષાઈ લોહચુંબકની નજીક જશે. જો એક ઉત્તર ધ્રુવની નજીક એક જગ્યાએ બીજા લોહચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ લટકાવવામાં આવે તો એ ધ્રુવ એ જગ્યાએથી નીકળતી ચુંબકરેષાને માર્ગે અપાકર્ષ થશે. જો એ જ ધ્રુવને બીજી જગ્યાએ લટકાવીએ તો એ ત્યાંથી નીકળતી બીજી ચુંબકરેષાને માર્ગે અપાકર્ષ થશે. આકૃતિ (૨૨૫-ત્ર) માંની દરેક રેષા એ માર્ગ બતાવે છે. આ ઉપરથી ચુંબકરેષાની વ્યાખ્યા આપી શકાય કે,

"લોહચુંબકની નજીક એક ઉત્તર ધ્રુવ રાખવામાં આવે તો તેનું જે માર્ગે અપાકર્ષણ થાય છે તેને ચુંબકરેષા કહેવામાં

આવે છે; અને ચુંબકરેષા ઉત્તર ધ્રુવથી નીકળી દક્ષિણ ધ્રુવ તરફ જાય છે.”

આકૃતિ ૨૨૬.



ઉપરની વ્યાખ્યા પ્રમાણે ચુંબક-રેષા જોવી હોય તો આકૃતિ (૨૨૬) માં બતાવેલો પ્રયોગ કરવો પડશે.

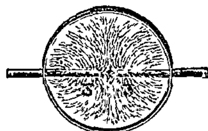
પ્રયોગ:—કાચનાં વાસણમાં એક બળવાન લોહચુંબક રાખીને અંદર થોડું પાણી રેડો. એક બૂચને લઈ એની અંદર એક લોહચુંબક સોયને બતાવ્યા પ્રમાણે ઊભી ખોસી દો, કે જેથી તે સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ નીચે રહે. એ બૂચને લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ નજીક લઈ લઈને છોડી દો, તો માલૂમ પડશે એ બૂચ અમુક રેષાના માર્ગે જ દક્ષિણ ધ્રુવ તરફ આકર્ષાઈ જશે. બૂચને જુદીજુદી જગ્યાએ મૂકતાં તે ઠેકાણેની ચુંમક રેષાની દિશામાં ગતિ કરશે.

આકૃતિ ૨૨૭.

(अ)



(व)



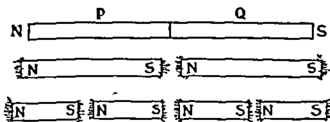
જો બે વિજાતીય ધ્રુવોને નજીક રાખી લોખંડના વહેર વડે ચુંબક રેષા તપાસીએ તો આકૃતિ (૨૨૭–अ) માં બતાવ્યા મુજબ એ રેષાઓ ઉ ધ્રુવમાંથી નીકળી દ ધ્રુવ તરફ જશે પરંતુ જો બે સજાતીય ધ્રુવોને નજીક રાખી તે વચ્ચે વહેર નાંખીશું તો એ

એકબીજાને અપાકર્ષતી હોવાથી આકૃતિ (૨૨૭-૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એકમેકથી વિરૂદ્ધ દિશામાં ચાલી જશે.,

પૃથ્વીની સપાટી ઉપર પણ ચારે બાજુ આ પ્રકારની ચુંબક-રેષાએા પ્રસરેલી છે અને એ રેષાએા દક્ષિણ દિશામાંથી નીકળી ઉત્તર દિશા તરફ જાય છે, કારણ કે દક્ષિણ દિશામાં પૃથ્વીના ચુંબકત્વનેા ઉ ધ્રુવ આવેલેા છે. જે દિશામાં લેાહચુંબક સેાય રહે છે તેને ચુંબકવૃત્ત (magnetic meridian) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૨૪) ઉપરથી સમજાય છે કે ચુંબકવૃત્ત એટલે પૃથ્વીના ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવને જોડતી લીટીમાંથી પસાર થતું એક શિરેાલંબ પૃષ્ઠ. બીજી બાબત એ સમજાય છે કે પૃથ્વીના ચુંબકધ્રુવ (magnetic poles) અને ભૌગેાલિક ધ્રુવ (geographical poles) એક જ સ્થળે આવેલા નથી. આથી ભૌગેાલિક ઉત્તર દિશા અને લેાહચુંબક વડે દર્શાવાતી ઉત્તર દિશા એક જ હેાતી નથી.

૧૧. એક ધ્રુવવાળેા લેાહચુંબક હેાતેા નથી. એક લેાહચુંબક સળિયાને વચ્ચેથી ભાંગી નાંખીએ તેા એક ટુકડામાં ઉત્તર ધ્રુવ જ રહેવેા જોઈએ; પરંતુ આમ ન બનતાં દરેક ટુકડેા પાછેા આખા લેાહચુંબકના જેવેા બની જાય છે અને આકૃતિ (૨૨૮) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બે લેાહચુંબક તૈયાર થાય છે. એ બન્ને ટુકડાના

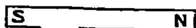
આકૃતિ ૨૨૮.



વળી પાછા બબ્બે ભાગ કરીએ તો તેમાંથી નીચે બતાવ્યા મુજબ ચાર લોહચુંબક બને છે. ભાંગેલા ભાગોના ઉત્તર ધ્રુવવાળી બાજુના ટુકડામાં ભાંગેલી જગ્યાએ દક્ષિણ ધ્રુવ ઉત્પન્ન થાય છે અને બીજા ટુકડામાં ઉત્તર ધ્રુવ ઉત્પન્ન થાય છે. આ ઉપરથી એમ લાગે છે કે લોહચુંબકના ગમે તેટલા ટુકડા કરીએ તો પણ એ દરેકમાં ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવ તો રહેવાના જ. એનું કારણ એ હોય છે કે લોહચુંબક એ અનેક નાના નાના પદાર્થના અણુરુપી લોહચુંબકોથી બનેલો છે. વચ્ચેના અણુરુપ લોહચુંબકોનું ચુંબકત્વ — વ્યવસ્થિત સીધી લીટીમાં તેમની ગોઠવણ હોવાથી — શિથિલ (neutral) રહે છે, અને માત્ર સળિયાના છેડે જ ચુંબકત્વ રહે છે.

૧૨. ચુંબકીય ઉપપાદન (Magnetic Induction). પ્રયોગ (૧):—એક બળવાન લોહચુંબકના એક ધ્રુવની નજીક એક લોખંડની ચૂંક લાવો (આકૃતિ ૨૨૯). એ ચૂંક છેડાને ચોંટેલી માલૂમ પડે છે. એ ચૂંકના છેડાની નજીક લોખંડનો વહેર લાવો. વહેર એને વળગી જાય છે. હવે ચૂંકને છૂટી પાડી ફરીથી વહેરમાં નાંખી જુઓ. હવે વહેર ચોંટતો નથી. પહેલી વખતે ચૂંકમાં ચુંબકત્વ હતું; બીજી વખતે તેમાં નથી.

આકૃતિ ૨૨૯.



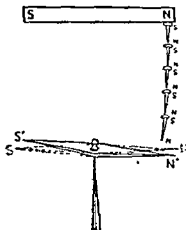


પ્રયોગ (૨):—લોહચુંબકના N છેડા ઉપર એક ચૂંકને લટકાવો. તેની નીચે બીજી ચૂંકને વળગાવો. બીજી ચૂંક વળગી જાય છે. એની નીચે ત્રીજીને વળગાવો. તે પણ ચોંટી રહે છે. દરેક ચૂંકમાં આમ ચુંબકત્વ આવે છે. આવી ચારપાંચ ચૂંકની હાર લટકાવી શકાય છે (આકૃતિ ૨૩૦). એ ચૂંકની હારના નીચેના છેડાને એક લોહચુંબક સોયના N છેડાની નજીક લઈ જાઓ. સોયનો છેડો અપાકર્ષાય

છે. એટલે છેલ્લી ચૂંકનો નીચેનો છેડો N ધ્રુવ હોવો જોઈએ, અને એ ચૂંકનો ઉપલો છેડો S ધ્રુવ હોવો જોઈએ. દરેક ચૂંકના નીચેના છેડા N ધ્રુવ છે અને ઉપલા S ધ્રુવ છે.

પ્રયોગ (૩):—હવે એ ચૂંકની હારને કાળજીપૂર્વક લોહચુંબકની સૌથી નજીકની ચૂંકને પકડીને છૂટી પાડવા પ્રયત્ન કરો. જેવી એ ચૂંક લોહચુંબકથી છૂટી પડે છે કે તરત બધી વળગેલી ચૂંક છૂટી પડીને નીચે પડે છે.

આકૃતિ ૨૩૦.

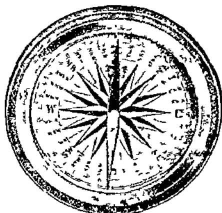


આવી જાતના ચુંબકત્વને ઉપપાદિત અથવા પ્રોત્સાહિત ચુંબકત્વ (induced magnetism) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૩૦) માં બતાવેલી લોખંડની દરેક ચૂંકમાં એ પ્રમાણે ઉપપાદિત ચુંબકત્વ આવે છે. એ પ્રયોગ ઉપરથી એમ લાગે કે લોહચુંબકની નજીક લોખંડનો ટુકડો રાખીએ તો તેમાં ઉપપાદિત ચુંબકત્વ (induced magnetism) આવે છે અને લોહચુંબકના જે ધ્રુવની નજીક એ ટુકડો રાખવામાં આવે છે તેની નજીકના છેડામાં વિજાતીય ધ્રુવ ઉત્પન્ન થાય છે અને દૂરના છેડામાં સજાતીય ધ્રુવ ઉત્પન્ન થાય છે.

૧૩. હોકાયંત્ર (Mariner's Compass). હોકાયંત્રમાં લોહચુંબક સોય વાપરવામાં આવે છે; ફેર માત્ર એટલો છે કે સોયને

આકૃતિ (૨૩૧) માં બતાવેલાં ચક્રની જોડે જ, મધ્યમાં સમતોલી રાખેલી છે. એ આકૃતિમાં ચાર મુખ્ય દિશા બતાવ્યા ઉપરાંત બધું મળીને ૩૨ દિશા બતાવેલી હોય છે. હોકાયંત્રમાં એ ચક્રને પ્રથમ એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે તેથી ઉત્તર દિશા સોયના ઉત્તર ધ્રુવની નીચે આવે. વહાણને જે દિશામાં હંકારવું હોય, તેનું ચક્ર નીચે રાખવામાં આવે છે. એ ચક્ર ઉપર એક કાપો પાડેલો હોય છે, અને એ કાપાને જે કોણમાં મૂકવામાં આવે તે દિશામાં વહાણ હંકારાય છે. આખું હોકાયંત્ર આકૃતિ (૨૩૧) માં બતાવ્યું છે.

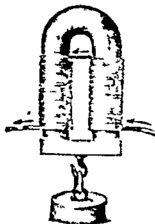
આકૃતિ ૨૩૧.



હોકાયંત્ર

૧૪. લોહચુંબકના ઉપયોગ. લોહચુંબકનો હોકાયંત્ર તરીકેનો એક મહત્ત્વનો ઉપયોગ આપણે જોઈ ગયા છીએ. એ ઉપરાંત લોહચુંબકનો ઉપયોગ બારીક લોખંડની ચીજો ધૂળમાં કે એવી જગ્યાએ ખોવાઈ ગઈ હોય તો તે શોધી કાઢવામાં થઈ શકે છે. મહત્તમ અને લઘુતમ થર્મોમિટરમાં લોખંડના દર્શકોને ઉપર-નીચે લઈ જવામાં લોહચુંબક ઉપયોગી થઈ પડે છે; કારણ કે થર્મોમિટરની નળી બંધ હોવા છતાં અંદરના લોખંડના દર્શકને લોહચુંબકનાં બળથી આકર્ષીને ખસેડી શકાય છે. લડાઈમાં કેટલીક વાર લોખંડના બારીક ટુકડા શરીરમાં ઘૂસી જાય તે વાઢકાપ કે

આકૃતિ ૨૩૨.



શસ્ત્રક્રિયા કરવા છતાં સહેલાઈથી જડી આવતા નથી. આથી અસલ એક બળવાન લેાહચુંબક શરીરમાં તે ભાગની નજીક લાવીને એ ટુકડાઓને ખેંચી કાઢવામાં આવતા લેાખડનાં મેાટાં વજન ઊંચકવામાં લેાહચુંબકનેા ઉપયેાગ થાય છે. ખાસ કરીને પુલ બાંધવા હેાય, ત્યારે લેાખડના મેાટા સ્તંભેાને વિદ્યુતચુંબક વડે પકડી લઈ નદીમા જ્યા નાંખવા હેાય ત્યાં લઈ જવામાં આવે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ કર્યા પછી એ સ્તંભ છૂટેા થઈ સીધેા, એને માટે નિયત કરેલા સ્થળે ગેાઠવાઈ જાય છે. આવા મેાટા લેાહચુંબકને લેાહચુંબક ઉટંટેા (magnetic crane) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ (૨૩૨) માં વિદ્યુતચુંબક બતાવવામાં આવ્યેા છે. જ્યાં સુધી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે ત્યાં સુધી નીચે લટકાવેલું મેાટું વજન તેને વળગેલું રહેશે અને વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય કે તરત એ વજન નીચે પડી જશે.

૪. લોહચુંબક નજીકના લોખંડના ટુકડામાં ચુંબકત્વ ઉપપાદિત કરે છે; ભરતર લોખંડમાં વધુ અને પોલાદમાં ઓછું.

૫. લોહચુંબકની નજીક મુક્ત ઉત્તર ધ્રુવ (free north pole) મૂકયો હોય તે જે દિશામાં જાય તેને ચુંબકબળ રેખા (magnetic lines of force) કહેવામાં આવે છે. લોહચુંબકની આસપાસ એવી અસંખ્ય રેખા હોય છે.

૬. પૃથ્વી એક મોટા ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં રહેલા લોહચુંબકના જેવાજ ગુણ ધરાવે છે. આથી એની સપાટી ઉપર લોહચુંબકના ધ્રુવો હમેશાં ઉત્તર અને દક્ષિણ દિશા તરફ જ રહે છે.

૭. હોકાયંત્ર, મોટા વિદ્યુતચુંબકો વગેરે ચુંબકપણાના ગુણના ઉપયોગથી તૈયાર થયેલાં સાધન છે.

પ્રશ્નો

(૧) લોહચુંબકનો ઉપયોગ શો ? હોકાયંત્ર વિષે શું જાણો છો ? લોહચુંબક કેટલી જાતના હોય છે ? લોહચુંબકના ઉપયોગ ગણાવો.

(૨) લોહચુંબકના ધ્રુવ કોને કહે છે ? બે ધ્રુવને છૂટા પાડી શકાય કે ?

(૩) લોહચુંબકના આકર્ષણના નિયમો લખો. લોહચુંબક અને સાદા લોખંડનો ટુકડો આપ્યો હોય તો એને કેમ પારખશો ? અપાકર્ષણ વડે જ એક વસ્તુ લોહચુંબક છે એમ નક્કી થાય છે. કારણ આપો.

(૪) ચુંબકત્વ કેવી રીતે ઉત્પાદન કરી શકાય છે અને નાશ કરી શકાય છે ?

(૫) ચુંબકીય ઉપપાદન વિષે શું જાણો છો ?

(૬) ઉત્તર દિશામાં પૃથ્વીના ચુંબકત્વનો 'દક્ષિણ ધ્રુવ' આવેલો છે એનું કારણ શું ?

(૭) ચુંબકરેખા એટલે શું ? ચુંબકરેખા ક્યાંથી નીકળે અને કયી તરફ જાય છે ? પૃથ્વીની ચુંબકરેખા કયી દિશા તરફ જાય છે ?

(૮) ચુંબકરેખા દર્શાવતા પ્રયોગો બતાવો. બે સજાતીય ધ્રુવો નજીક રાખ્યા હોય તો બન્ને વચ્ચે ચુંબકરેખા કેવી હશે એ બતાવો.

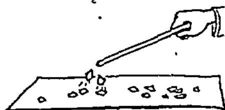
પ્રકરણ ૨૩

ઘર્ષણવિદ્યુત (Frictional Electricity)

૧. થેઇલ્સ અને ગિલ્બર્ટની શોધ. ઈ. સ. પૂર્વે ૬૦૦ વર્ષ ઉપર ગ્રીસના થેઇલ્સ નામના તત્ત્વવેત્તાએ શોધી કાઢ્યું હતું કે કેરબા (amber) ના સળિયાને ઊનનાં કપડાં જોડે ઘસીએ તો એ સળિયો કાગળ અને દોરાના બારીક ટુકડાને આકર્ષે છે. ત્યાર પછી ઈ. સ. ૧૬૦૦ માં એલિઝાબેથ રાણીના ડૉક્ટર વિલિયમ ગિલ્બર્ટે આ બાબતની શોધખોળ કરતાં જણાવ્યું કે, આ પ્રકારનો બારીક ટુકડા આકર્ષવાનો ગુણ માત્ર કેરબામાં જ નહિ, પરંતુ બીજી ઘણી જાતની વસ્તુમાં ઉત્પન્ન થાય છે. આ આકર્ષવાના ગુણને ગિલ્બર્ટે કેરબાના ગ્રીક નામ 'ઈલેક્ટ્રોન' ઉપરથી 'ઈલેક્ટ્રિસિટી' એવું નામ આપ્યું. ગિલ્બર્ટે એમ પણ બતાવ્યું કે ઘર્ષણથી ઉત્પન્ન થયેલી વિદ્યુત બે પ્રકારની હોય છે. એ બે જાતની વિદ્યુતનાં આકર્ષણ અને અપાકર્ષણના નિયમો પણ ગિલ્બર્ટે શોધી કાઢ્યા હતા. લોહચુંબક ઉત્તરદક્ષિણ જ રહે છે તેનું કારણ પૃથ્વીનું ચુંબકપણું છે એમ બતાવનાર પણ ગિલ્બર્ટ જ હતો. આથી ગિલ્બર્ટ અત્યારનાં વિદ્યુતશાસ્ત્ર અને ચુંબકશાસ્ત્રનો પિતા ગણાય છે. તેણે જ વિજ્ઞાનના એ બે વિભાગનો અભ્યાસ પ્રથમ પદ્ધતિસર શરુ કર્યો હતો.

૨. ઘર્ષણ વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવાની રીત. પ્રયોગ:—એક ભેજ વગરના કાચના સળિયાને રેશમના કપડાં ઉપર ઘસો અને કાગળના બારીક ટુકડાની નજીક લઈ જાઓ. કાગળના ટુકડા આકર્ષાય છે. એક અબનૂસી (abonite) ના અગર લાખના સળિયાને

આકૃતિ ૨૩૩.



ઊનના કપડાંની ઉપર ઘસીને કાગળના બારીક ટુકડાની નજીક લઈ જાઓ તો તે આકર્ષાય છે (આકૃતિ ૨૩૩). (અબનૂસી એ રબર અને ગંધકના મિશ્રણની બનાવટ છે.)

એક સૂકા કાંસકાને લઈને સૂકા વાળની સાથે ઝડપથી ઘસો અને બારીક કાગળના ટુકડાની નજીક લઈ જાઓ કાગળના ટુકડા આકર્ષાય છે

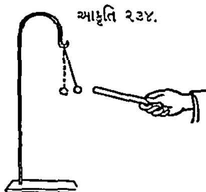
ઉપલા પ્રયોગમાં દર્શાવ્યા મુજબ જ્યારે કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસીએ, અબનૂસીને ઊન ઉપર ઘસીએ અથવા કાંસકાને સૂકા વાળ ઉપર ઘસીએ ત્યારે તેમાં વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી તે કાગળ જેવા હલકા પદાર્થના બારીક ટુકડાને આકર્ષે છે.

આવી રીતે કેટલીક વસ્તુમાં ઘર્ષણથી બારીક અને હલકી વસ્તુને આકર્ષવાનો ગુણ વિદ્યુતને લીધે આવે છે. જે વસ્તુમાં એ ગુણ આવે છે તેને વિદ્યુતભારવાહી (electrified) એટલે કે વિદ્યુતનો ભાર (charge) જેના ઉપર રહેલો છે તેવી વસ્તુ કહેવામાં આવે છે. જ્યારે એ ભાર જતો રહે છે, ત્યારે તે વસ્તુને વિદ્યુતભાર રહિત (uncharged) કહેવામાં આવે છે.

૩. વિદ્યુતદર્શક (**Electroscope**). એક વસ્તુ વિદ્યુતભારવાહી છે કે નહિ તે જાણવા માટે સાદા વિદ્યુતદર્શક રચવામા આવ્યા છે. જુવારના સાંઠાની અંદરના ગરની ગોળીને સોનાનો વરખ લગાડી એક રેશમની દોરી વડે આકૃતિ (૨૩૪) મા બતાવ્યા પ્રમાણે લટકાવીએ તો તે વિદ્યુતદર્શક (electroscope) તરીકે કામ આવે છે. એ ગોળીની નજીક કોઈ પણ વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુને લાવવામાં આવે તો એ તેના તરફ આકર્ષાઈ જાય છે. એ જ ગોળી વડે બે જાતની વિદ્યુતમાંથી કયા પ્રકારની વિદ્યુત છે તે પણ જાણી શકાય છે.

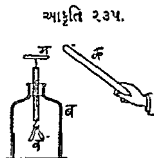
આકૃતિ (૨૩૫) માં બીજી જાતનો વિદ્યુતદર્શક બતાવ્યો છે. એક કાચની બરણી (च) માં એક કાણાવાળો બૂચ બેસારેલો છે

આકૃતિ ૨૩૪.



ગરના ગેાળાનેા વિદ્યુતદર્શક

આકૃતિ ૨૩૫.



સેાનાના વરખનેા વિદ્યુતદર્શક

અને એ બૂચમાંથી એક ધાતુનેા સળિયેા પસાર કરેલેા છે. એ સળિયાને છેડે સેાનાના વરખના બે ટુકડા (વ) લગાડેલા છે. કેાઈ પણ વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુને એ સળિયાના માથાની પ્લેટ (મ) નજીક લાવવામાં આવે તેા માલૂમ પડે છે કે વરખના પાનેા એકમેકથી છૂટાં પડે છે, એટલે કે બન્નેમાં અપાકર્ષણ (repulsion) થાય છે. આ વિદ્યુતદર્શકથી વિદ્યુતનેા પ્રકાર માલૂમ પડે છે, એટલું જ નહિ પરંતુ એક વસ્તુ ઉપર કેટલેા વિદ્યુતભાર (electric charge) છે તે પણ માપી શકાય છે. આ રીતે વિદ્યુતભારના દર્શક તરીકે બન્ને સાધનેાનેા ઉપયેાગ થતેા હેાવાથી એને વિદ્યુતદર્શકેા (electroscopes) કહેવામાં આવે છે. પહેલા વિદ્યુતદર્શકને કેટલીક વાર ગરના ગેાળાનેા વિદ્યુતદર્શક (pith-ball electroscope) કહેવામાં આવે છે અને બીજાને સેાનાના વરખનેા વિદ્યુતદર્શક (gold-leaf electroscope) કહેવામાં આવે છે.

૪. વિદ્યુતનું આકર્ષણ અને અપાકર્ષણ (**Electric Attraction and Repulsion**). પ્રયેાગ (૧) :—આકૃતિ (૨૩૪) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચના સળિયાના સ્ટૅંડને છેડે રેશમની દેારીથી એક ગરની ગેાળી

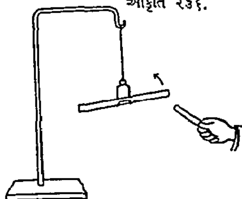
લટકાવેા, (જુવારના સાઠાંની અંદરનેા ગર ચાલશે). હવે એની નજીક એક રેશમ ઉપર ઘસેલેા કાચનેા સળિયેા લાવેા. ગેાળી સળિયા તરફ આકર્ષાય છે કે ? ગેાળીને સળિયાને અડવા દેા. હવે ગેાળી સળિયાથી આકર્ષાય છે કે ? ગેાળીને હાથ વડે અડકેા અને ફરીથી કાચનેા રેશમ ઉપર ઘસેલેા સળિયેા લાવેા. કાચના સળિયા ઉપર હાથ ફેરવી ફરીથી સળિયેા ગેાળીની નજીક લાવેા.

ઉપરનેા પ્રયેાગ એબેાનાઇટના સળિયાને ઊન પર ઘસી ફરીથી કરેા.

(૨):—ગરની ગેાળીને પ્રથમ કાચના રેશમ ઉપર ઘસેલા સળિયાને અડવા દેા. હવે એ ગેાળીની નજીક વારાફરતી કાચનેા રેશમ ઉપર ઘસેલેા સળિયેા અને એબેાનાઇટનેા ઊન પર ઘસેલેા સળિયેા લાવેા. પ્રયેાગ ઉપરથી કાચ અને એબેાનાઇટના સળિયા ઉપર કેવા પ્રકારની વિદ્યુત હશે તેનું અનુમાન કરેા.

(૩):—એક સળિયાના સ્ટૅંડને છેડે બે ગરની ગેાળી લટકાવેાં. હવે એક કાચનેા રેશમ ઉપર ઘસેલેા સળિયેા એ બન્ને ગેાળીની નજીક લાવી તેમને અડવા દેા. કાચનેા સળિયેા દૂર કરેા. ગેાળી એકમેકથી દૂર રહે છે. કારણ શું?

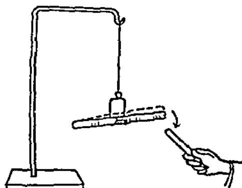
(૪):—એક કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસી તારની બેસણી ઉપર મૂકીને રેશમની દેારી વડે લટકાવેા (આકૃતિ ૨૩૬). એની નજીક કાચનેા રેશમ ઉપર ઘસેલેા બીજો સળિયેા લાવેા બન્નેની વચ્ચે આકૃતિમાં તીરથી બતાવ્યા મુજબ અાકર્ષણ (repulsion) થાય છે.


આકૃતિ ૨૩૬.

એક અબનૂસીના સળિયાને ઊન ઉપર ઘસીને એજ પ્રમાણે લટકાવેા (આકૃતિ ૨૩૭), અને

ઉપરના પ્રયેાગ (૧) માંથી માલૂમ પડે છે કે રેશમ ઉપર ઘસેલા કાચના અગર ઊન ઉપર ઘસેલા એબેાનાઈટના સળિયા ઉપર વિદ્યુતભાર ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી જ તે ગરની હલકી ગેાળીને આકર્ષે છે. પરંતુ એકવાર ગેાળી વિદ્યુતભારવાહી સળિયાને અડકયા પછી તરત જ સળિયાથી દૂર રહેવા પ્રયત્ન કરે છે. આનું કારણ એ છે કે સળિયાને અડવાથી ગેાળીમાં સજાતીય

આકૃતિ ૨૩૭.



(of same kind) વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી સળિયા ઉપરના અને ગેાળી ઉપરના સજાતીય વિદ્યુતભારની વચ્ચે અપાકર્ષણ થાય છે.

પ્રયેાગ (૨) માંથી આ વસ્તુની પૂર્ણ ખાતરી થાય છે. કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસીને ગરની ગેાળીની નજીક લાવીએ ત્યારે પ્રથમ ગેાળી આકર્ષાય છે. ગેાળી કાચના સળિયાને અડે એટલે તેને કાચના જેવી જ (સજાતીય) વિદ્યુત મળે છે, અને તેથી કાચના વિદ્યુતભારવાહી સળિયાથી એ ગેાળી દૂર જાય છે; પરંતુ એ જ ગેાળીની નજીક એબેાનાઈટનેા ઊન ઉપર ઘસેલેા સળિયેા લાવીએ તેા ગેાળી આકર્ષાય છે. આ ઉપરથી એમ સમજાય છે કે કાચ અને એબેાનાઈટ ઉપર ઉત્પન્ન થતી વિદ્યુત જુદાજુદા પ્રકારની છે.

પ્રયેાગ (૩) વડે વિદ્યુતનાં આકર્ષણ અને અપાકર્ષણના નિયમ વિષે ખાતરી થાય છે. એ ગરની ગેાળીને કાચના વિદ્યુતભારવાહી

સળિયાને અડવા દેવાથી બન્ને ઉપર એક જ જાતનો (સજાતીય) વિદ્યુતભાર (electric charge) આવે છે અને તેથી બન્ને પરસ્પરને અપાકર્ષે છે અને દૂર રહેવાનો પ્રયત્ન કરે છે.

પ્રયોગ (૪) વડે સમજાય છે કે બે કાચની ઉપરના સજાતીય (similar) ભાર વચ્ચે અપાકર્ષણ (repulsion) થાય છે અને અબનૂસી અને કાચ ઉપરના વિજાતીય (opposite) ભાર વચ્ચે આકર્ષણ (attraction) થાય છે.

ઉપરના પ્રયોગો વડે નિયમ તારવી શકાય છે કે:—

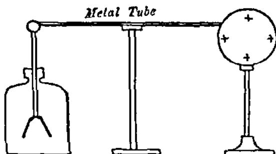
"સજાતીય વિદ્યુતભાર પરસ્પરને અપાકર્ષે છે અને વિજાતીય વિદ્યુતભાર પરસ્પરને આકર્ષે છે. Electric charges of same kind repel each other and of opposite kind attract each other."

કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસતાં જે વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે, તેને ધન (positive) વિદ્યુત કહેવામાં આવે છે અને એબોનાઇટના સળિયાને ઊન સાથે ઘસતાં જે વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે, તેને ઋણ (negative) વિદ્યુત કહેવામાં આવે છે. કોઈ વસ્તુ ઉપર ધનભાર (positive charge) હોય તેને (+) ની સંજ્ઞાથી દર્શાવવામાં આવે છે અને ઋણભાર (negative charge) હોય તેને (−) ની સંજ્ઞાથી દર્શાવવામાં આવે છે.

૫. વિદ્યુતવાહક અને વિદ્યુતરોધક વસ્તુઓ (**Electric Conductors and Insulators**). પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૩૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક વિદ્યુતદર્શક અને કાચના સ્ટૅંડ ઉપર રાખેલો ધન (+) ભારવાહી ધાતુનો ગોળો લો. એ બન્નેની વચ્ચે એક કાચના સ્ટૅંડ ઉપર એક ધાતુની લાંબી નળીને (અથવા સળિયાને) બતાવ્યા મુજબ વિદ્યુતદર્શક અને ધાતુના ગોળાથી અલગ રહે તેમ મૂકો. હવે પ્રથમ ધાતુના ગોળા

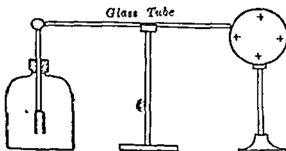
નળીના એક છેડાને અડકવા દો, અને પછી વિદ્યુતદર્શકના ઉપલા ગોળાને એ નળી સાથે અડાડો. ધાતુના ગોળામાંનો વિદ્યુતભાર વિદ્યુતદર્શકમાં ધાતુની નળી દ્વારા ગયો છે, કારણ કે વિદ્યુતદર્શકનાં બન્ને પાનો એકમેકને અપાકર્ષીને છૂટાં પડે છે.

આકૃતિ ૨૩૮.



(૨):—હવે ઉપલા પ્રયોગમાંથી ધાતુની નળી કાઢી લો. વિદ્યુતદર્શકના પાન છૂટાં પડેલાં હોય તો તેના ઉપલા ગોળાને અડકો એટલે તે પાછાં નીચે પડી જશે. હવે ધાતુની નળીની જગ્યાએ એક કાચની લાંબી નળી રાખો (આકૃતિ ૨૩૯). ઉપલા પ્રયોગની પેઠે + વિદ્યુતભારવાહી ગોળા અને વિદ્યુત-

આકૃતિ ૨૩૯.



દર્શકના ગોળાને એ નળી અડકે છતાં પણ વિદ્યુતદર્શકના પાન ઉપર કશી અસર થતી નથી. આનું કારણ એ છે કે કાચમાંથી વિદ્યુતભાર પસાર થઈ શકતો નથી.

ઉપરના પ્રયોગ (૧ અને ૨) વડે સમજાય છે કે ધાતુના ગોળા ઉપર રહેતો ભાર ધાતુની નળી (અથવા સળિયા) દ્વારા પસાર થાય છે અને વિદ્યુતદર્શકને પહોંચી શકે છે, પરંતુ કાચના સળિયા (અથવા નળી) દ્વારા પહોંચી શકતો નથી. ઉપરના પ્રયોગો જુદીજુદી ધાતુના તાર, રેશમ, રૂ અને ઊનના દોરા, ગંધક અને અબનૂસના સળિયા, વગેરે લઈને કરીએ તો માલૂમ પડશે કે એમાંના દરેક પદાર્થને આપણે બે વિભાગમાં વહેંચી શકીએ છીએ.

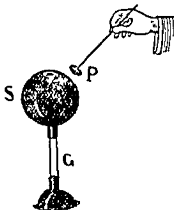
જે પદાર્થમાંથી વિદ્યુત પસાર થાય છે તેને વિદ્યુતવાહક (electric conductor) અથવા ટૂંકમાં, વાહક (conductor) કહેવામાં આવે છે, અને જે પદાર્થમાંથી વિદ્યુત પસાર નથી થતી તેને વિદ્યુતરોધક (electric insulator) અથવા અવાહક (non-conductor) કહેવામાં આવે છે.

કાચ, અબનૂસ, ગંધક, રૂ, રેશમ, ઊન, સૂકાં કપડાં, કાગળ, લાકડું વગેરે પદાર્થો અવાહકો છે, અને ધાતુની સર્વ વસ્તુ, ગ્રેફાઈટ, કોલસો, ભીનાં કપડાં, માણસનું શરીર, જમીન, વગેરે વાહક છે.

ધાતુના સળિયાને રેશમ અથવા ફરના કટકા ઉપર ઘસવામાં આવે તો તેમાં પણ થોડાઘણા પ્રમાણમાં વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે; પરંતુ ધાતુમાંથી અને આપણા શરીરમાંથી વિદ્યુત પસાર થતી હોવાથી, જેવી વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે તેવી જ શરીરદ્વારા જમીનમાં ચાલી જાય છે. આથી ઊલટું, કાચના સળિયા ઉપર ઉત્પન્ન થયેલી વિદ્યુત સ્થિર રહે છે; કારણ કે કાચ વિદ્યુતવાહક નથી. આથી કાચના સળિયા ઉપર ઉત્પન્ન થયેલો વિદ્યુતભાર દૂર કરવો હોય, તો આખા સળિયા ઉપર આપણો હાથ ફેરવવો પડશે. કાચના આવા ગુણને લીધે જ વિદ્યુતદર્શકને કાચના સ્ટૅંડ ઉપર અથવા કાચની બરણીમાં રાખવામાં આવે છે.

૬. વિદ્યુતવાહક ઉપર વિદ્યુતભારનું પ્રસરણ (**Distribution of Electric Charge on Conductors**). પ્રયોગ (૧):-

આકૃતિ ૨૪૦.



S = વિદ્યુતભારવાહી અલગ કરેલો ગોળો

G = કાચનો સળિયો

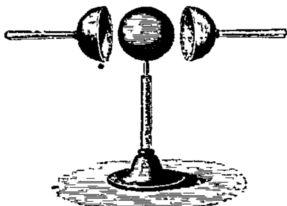
P = વિદ્યુતશોધક (proof plane)

આકૃતિ (૨૪૦) માં બતાવ્યા મુજબ કાચના સળિયા G વડે અલગ કરેલો (insulated) ધાતુનો ગોળો S લો. તેને વિદ્યુતભાર આપો. હવે એક કાચના સળિયાને એક છેડે નાનો ધાતુનો સીક્કો અથવા નાનું પતરું લગાડો. એને વિદ્યુતશોધક (proof-plane) કહેવામાં આવે છે અને આકૃતિમાં એને P વડે દર્શાવેલું છે. એના વડે ધાતુના ગોળાની બહારની સપાટીને એક સ્થળે અડકો. વિદ્યુતશોધકની તકતીમાં થોડો ભાર (ગોળાની ઉપરના ભારની પ્રમાણસર) દાખલ થશે. એ વિદ્યુતશોધકને એક સોનાના વરખના વિદ્યુતદર્શક પાસે અમુક અંતર લઈ જાઓ અને તેનાથી વરખનાં પાનો કેટલાં છૂટાં પડ્યાં તેની નોંધ કરો. ગોળાની સપાટી ઉપર જુદેજુદે સ્થળે વિદ્યુતશોધક વડે કેટલો ભાર છે તે ઉપર મુજબ શોધો. બધે સ્થળે ભાર સરખોજ માલૂમ પડશે, કારણ કે વરખનાં પાનો દર વખતે શોધકને અમુક જગ્યાએ રાખવાથી એકસરખાં અંતર જેટલાં અપાકર્ષે થાય છે.

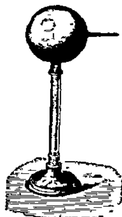
હવે એ ગોળાની ઉપર દેખાતાં કાણામાં એક નાની તકતીવાળા વિદ્યુતશોધકને દાખલ કરો. (વિદ્યુતશોધક ગોળાની બાજુને અડે નહિ તેની કાળજી રાખો.) પછી તેને અંદરની સપાટીને અડવા દો એ વિદ્યુતશોધક ઉપર થોડો ભાર આવ્યો છે કે કેમ તેની વિદ્યુતદર્શક વડે તપાસ કરો. ધાતુના ગોળાના અંદરના ભાગમાં બિલકુલ ભાર જણાતો નથી.

(૨):—આકૃતિ (૨૪૧–અ) માં બતાવ્યા મુજબ એક અલગ ધાતુના ગોળાને વિદ્યુતભારવાહી બનાવો અને તેના ઉપર ભાર આવ્યો છે તેની વિદ્યુત-શોધક વડે ખાતરી કરો. હવે એ ગોળાને બરોબર અડીને ઢાંકી દે તેવા બે અર્ધગોળા વડે આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ ઢાંકો. હવે વિદ્યુતશોધકની મદદથી ખાતરી કરો કે અંદરના ગોળામાંનો ભાર બહારના અર્ધગોળાના ઢાંકણ ઉપર

આકૃતિ ૨૪૧–અ.



આકૃતિ ૨૪૧–બ.



આવ્યો છે. હવે એ બન્ને અર્ધગોળાને ઝડપથી ખેંચી લો અને અંદરના ગોળા ઉપર થોડો ઘણો ભાર રહ્યો છે કે કેમ તેની વિદ્યુતશોધક વડે ખાતરી કરો. માલૂમ પડશે કે અંદરના ગોળામાં હવે વિદ્યુતભાર રહ્યો નથી.

(૩):—હવે આકૃતિ (૨૪૧–બ)માં બતાવ્યો છે તેવો એક બાજુએ અણીવાળો ધાતુનો અલગ ગોળો લો. તેના ઉપર ઘણો વિદ્યુતભાર આપો. વિદ્યુતશોધક વડે એ ગોળાની ઉપર જુદેજુદે સ્થળેના ભારનું પ્રમાણ શોધો. માલૂમ પડશે કે અણીવાળા ભાગ ઉપર સૌથી વિશેષ ભાર છે.

ઉપરના પ્રયોગોમાં ધાતુના ગોળામાંથી વિદ્યુત જમીનમાં ચાલી ન જાય તેટલા માટે તેને કાચના સળિયાના સ્ટૅંડ ઉપર

રાખેલા છે. આવા સ્ટૅંડ ઉપર રાખેલા ધાતુના ગેાળાને અલગ વાહક (insulated conductor) કહેવામાં આવે છે.

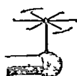
પ્રયેાગ (૧) વડે પુરવાર થાય છે કે ગેાળાકાર (spherical) વસ્તુની સપાટી ઉપર દરેક સ્થળે ભારનું પ્રમાણ એકસરખું હેાય છે, અને ગેાળાની અંદરની બાજુએ (એટલે અંતર્ગોળ બાજુમાં) વિદ્યુતભાર રહેતેા નથી.

પ્રયેાગ (૨) ઉપરથી પણ સમજાય છે કે વિદ્યુતભારવાહી ગેાળાને ધાતુના બે અર્ધગેાળાએા વડે આખેા ઢાંકી દઈએ તેા તેના ઉપરનેા ભાર અર્ધગેાળામાં ચાલી જાય છે અને તેથી અંદર રહેલા ગેાળામાંથી ભાર જતેા રહે છે. આ પ્રયેાગ વડે પણ સમજાય છે કે વાહક વસ્તુના અંદરના ભાગમાં વિદ્યુતભાર રહેતેા નથી.

આકૃતિ (૨૪૧–ન) માં બતાવેલા ગેાળાની બધી સપાટી કરતાં જે સપાટી સૌથી વિશેષ અણીવાળી છે એટલે કે સૌથી વધુ બહિર્ગોળ (convex) છે તે જગ્યાએ વિદ્યુતભારનું પ્રમાણ સૌથી વિશેષ માલૂમ પડે છે. એ ઉપરથી સમજાય છે કે એક ભાગની વક્રતા (curvature) જેમ વધુ તેમ તેના ઉપર વધુ પ્રમાણમાં વિદ્યુતભાર રહે છે.

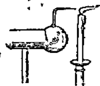
કેાઈ પણ વિદ્યુતવાહકના અણીવાળા ભાગ ઉપર વિશેષ પ્રમાણમાં વિદ્યુત ભાર રહે છે તેની ખાતરી બીજા બે સુંદર પ્રયેાગેા વડે પણ મળે છે.

આકૃતિ ૨૪૧–ક.



પ્રયેાગ (૪):—આકૃતિ (૨૪૧–ક) માં બતાવેલા એક અણીવાળા સળિયા ઉપર ફરે તેમ ધાતુના અણીદાર આરાવાળાં ચક્રને રાખેા. એ ચક્રને એક ઝડપથી વિદ્યુત ઉત્પાદન કરે તેવાં યંત્રની સાથે (વ્હિમશર્સ્ટ મશીન જોડે) જોડેા. થેાડી વારમાં એ ચક્રના અણીવાળા આરામા

આકૃતિ ૨૪૧-ક.



વિદ્યુતભારનું પ્રમાણ ઘણું વધી જવાથી તેમાંથી વિદ્યુતભાર હવામાં વિભારિત (discharge) થવા લાગે છે. આ પ્રમાણે વિદ્યુતભારનો વિભાર થવાથી ચક્રને પ્રત્યાઘાત (reaction) મળે છે અને તેથી ચક્ર ફરવા લાગે છે.

પ્રયોગ (૫):—ઉપર બતાવ્યા મુજબ ચક્રની જગ્યાએ એક અણીવાળો સળિયો રાખો અને એને પહેલાંની માફક એક વિદ્યુતયંત્રની સાથે જોડો. એ અણીની નજીક હવે એક સળગેલી મીણબત્તી લાવો મીણબત્તીની જ્યોત બતાવ્યા મુજબ વાંકી વળેલી જણાશે. જો ઝડપથી વિદ્યુતભાર મળે તો કદાચ મીણબત્તી બુઝાઈ પણ જશે. આનું કારણ એ છે કે એની ઉપર વિદ્યુતભાર વધી જવાથી એમાંના વિદ્યુતભારનો હવામાં ઝડપથી વિભાર થાય છે. એ વિભાર થવાની સાથે હવાના અણુ દૂર ચાલી જાય છે અને તેથી વિદ્યુત પવન (electric wind) પેદા થાય છે. આથી મીણબત્તીની જ્યોત વાંકી વળે છે અથવા પવન વધુ થાય તો બુઝાઈ પણ જાય છે.

૭. વીજળી વાહક (Lightning Conductor). જ્યારે ધન અને ઋણ વિદ્યુતભારને એકમેકની નજીક લાવવામાં આવે છે, ત્યારે જ બન્ને વચ્ચે તણખા પડીને વિદ્યુતવિભાર (electric discharge) થાય છે; પરંતુ બે અણીવાળા વિદ્યુતવાહકો લઈએ અને એકને ધન (positive) ભાર આપીએ અને બીજાને ઋણ (negative) ભાર આપીએ, તો તે બન્નેની વચ્ચેની હવામાં થઈને પણ વિદ્યુત જલદી પસાર થઈ જાય છે. આવા જ કારણથી હવામાં ઉત્પન્ન થતી વીજળીથી મોટા મકાનનું રક્ષણ કરવા માટે તેને ઉપલે છેડે અણીવાળા વીજળી વાહકો (lightning conductors) રાખવામાં આવે છે. એ અણીવાળા છેડામાંથી હવામાનમાં વિદ્યુત સહેલાઈથી વિભારિત (discharge) થાય છે. એ વીજળી વાહક (lightning conductor) માંથી કેવી રીતે વિદ્યુતવિભાર થાય છે તે પાછળથી જોઈશું. હવામાં જે વિદ્યુતનો પ્રકાશ દેખાય છે, તે માત્ર ધન અને ઋણ (positive and

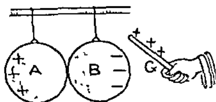
negative) વિદ્યુતભારનો વિભાર (discharge) થવાથી જે હવા ગરમ થાય છે તેના વડે ઉત્પન્ન થાય છે.

પહેલવહેલાં બૅન્જામિન ફ્રાંકલિને પતંગ ઉડાડી હવામાનની વિદ્યુતને પતંગની ભીની દોરી વાટે નીચે ઉતારી. દોરીની નીચે લટકતી એક ચાવીમાંથી તેણે વિદ્યુતના તણખા (sparking) થતા બતાવ્યા અને તે ઉપરથી તેણે પુરવાર કર્યું કે વાતાવરણમાં પણ ધન અને ઋણ એવી બે જાતની વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને એ બન્નેની વચ્ચે મોટો વિદ્યુતવિભાર થવાથી વીજળી (lightning) ઉત્પન્ન થાય છે. વળી તેણે જ પ્રથમ વીજળીના ભયમાંથી ઊંચાં મકાનને બચાવવાના વીજળી વાહકો શોધ્યા હતા. જ્યાં વિદ્યુત-વિભાર થાય ત્યાંની હવા એકાએક ગરમ થવાથી વિસ્તૃત થાય છે, અને એથી વીજળી પડે ત્યારે ઘણુંખરું મોટા કડાકા થાય છે. પર્વતની ટેકરીઓમાંથી અને ઉપરના હવામાનના પાતળા થરમાંથી અવાજનું પરાવર્તન (reflection) થવાને લીધે લાંબો વખત ગડગડાટવાળા અવાજ (rolling noise) થાય છે.

૮. વિદ્યુત ઉપપાદન (**Electric Induction**). જેવી રીતે ચુંબકત્વનું ઉપપાદન થાય છે, તેવી જ રીતે વિદ્યુતનું પણ ઉપપાદન થઈ શકે છે.

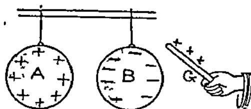
પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૪૨–અ) માં બતાવ્યા મુજબ એક દાંડી ઉપર રેશમની દોરીથી બે ધાતુના ગોળા A અને B લટકાવો. બન્ને ગોળા એક બીજાને અડે તેમ રાખો. હવે એની નજીક ધનભારવાહી કાચનો સળિયો G લાવો. આથી B માં સળિયાની નજીકના ભાગ ઉપર

આકૃતિ ૨૪૨-અ.



ઋણ (−) ભાર ભેગો થશે અને A ના દૂરના ભાગ ઉપર ધન (+) ભાર ભેગો થશે. હવે જો સળિયાને લઈ લેશો તો એ ધન અને ઋણ ભાર એકમેકને શિથિલ (neutralise) કરશે. આમ બન્ને ગોળામાં ધન અને ઋણ ભાર પેદા થયેલો છે તેની ખાતરી વિદ્યુતશોધક (proof plane) વડે મળી શકશે.

આકૃતિ ૨૪૨–વ.



હવે આકૃતિ (૨૪૨–વ) માં બતાવ્યા મુજબ કાચનો ભારવાહી સળિયો નજીક હોય તે વખતે રેશમની દોરીથી પકડીને A ગોળાને B થી દૂર લઈ જાઓ. આમ કરવાથી A ઉપર જે એકલો ધનભાર હતો તે આખા ગોળામાં પ્રસરી જશે અને A ગોળો આખો હવે ધનભારથી વિદ્યુતભારવાહી થશે. એ જ પ્રમાણે B ગોળામાં માત્ર ઋણ ભાર રહી જશે અને તે (સળિયાને દૂર કરતાં) આખા ગોળામાં પ્રસરી જશે.

આ રીતે A અને B ગોળાને માત્ર બીજી વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુની સમીપમાં રાખવાથી વિદ્યુતભારવાહી બનાવી શકાય છે તે ઘટનાને વિદ્યુત ઉપપાદન (electric induction) કહેવામાં આવે છે.

પ્રયોગ (૨):—એક વિદ્યુતદર્શક F ની નજીક એબોનાઇટનો ઊન ઉપરનો ઘસેલો સળિયો A લાવો. વિદ્યુતદર્શકના દટ્ટા K ની નજીક સળિયો આવે છે એટલે નીચેના વરખના પાનો L આકૃતિ (૨૪૩–અ) માં બતાવ્યા મુજબ છૂટાં પડે છે તેની નોંધ કરો.

હવે સળિયો નજીક હોય ત્યારે ઉપરના દટ્ટાને તમારી આંગળી વડે અડકો. વિદ્યુતદર્શકનાં વરખનાં પાનો એકમેકની નજીક આવે છે (આકૃતિ ૨૪૩–બ), કારણ કે વરખનાં પાન ઉપરનો ઋણભાર તમારાં શરીરદ્વારા જમીનનાં ચાલ્યો જાય છે, અને માત્ર ઉપપાદિત ધનભાર વિદ્યુતદર્શકના

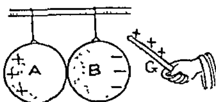
negative) વિદ્યુતભારનો વિભાર (discharge) થવાથી જે હવા ગરમ થાય છે તેના વડે ઉત્પન્ન થાય છે.

પહેલવહેલાં બૅંજામિન ફ્રૅંકલિને પતંગ ઉડાડી હવામાનની વિદ્યુતને પતંગની ભીની દોરી વાટે નીચે ઉતારી. દોરીની નીચે લટકતી એક ચાવીમાંથી તેણે વિદ્યુતના તણખા (sparking) થતા બતાવ્યા અને તે ઉપરથી તેણે પુરવાર કર્યું કે વાતાવરણમાં પણ ધન અને ઋણ એવી બે જાતની વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને એ બન્નેની વચ્ચે મોટો વિદ્યુતવિભાર થવાથી વીજળી (lightning) ઉત્પન્ન થાય છે. વળી તેણે જ પ્રથમ વીજળીના ભયમાંથી ઊંચાં મકાનને બચાવવાના વીજળી વાહકો શોધ્યા હતા. જ્યાં વિદ્યુત-વિભાર થાય ત્યાંની હવા એકાએક ગરમ થવાથી વિસ્તૃત થાય છે, અને એથી વીજળી પડે ત્યારે ઘણુંખરું મોટા કડાકા થાય છે. પર્વતની ટેકરીઓમાંથી અને ઉપરના હવામાનના પાતળા થરમાંથી અવાજનું પરાવર્તન (reflection) થવાને લીધે લાંબો વખત ગડગડાટવાળા અવાજ (rolling noise) થાય છે.

૮. વિદ્યુત ઉપપાદન (**Electric Induction**). જેવી રીતે ચુંબકત્વનું ઉપપાદન થાય છે, તેવી જ રીતે વિદ્યુતનું પણ ઉપપાદન થઈ શકે છે.

પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૪૨–અ) માં બતાવ્યા મુજબ એક દાંડી ઉપર રેશમની દોરીથી બે ધાતુના ગોળા A અને B લટકાવો. બન્ને ગોળા એક બીજાને અડે તેમ રાખો. હવે એની નજીક ધનભારવાહી કાચનો સળિયો G લાવો. આથી B માં સળિયાની નજીકના ભાગ ઉપર

આકૃતિ ૨૪૨–અ.



અને વિદ્યુતદર્શકના વરખ L ઉપર ઋણભાર ચાલ્યો જાય છે. આમ કોઈ પણ વિદ્યુતવાહકની નજીક ઋણભાર લાવવામાં આવે તો તેના નજીકના છેડામાં ધનભાર ખેંચાઈ આવે છે અને દૂરના છેડામાં ઋણભાર રહે છે.

આ કારણથીજ વિદ્યુતદર્શકનાં પાનો વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુને નજીક લાવતાં છૂટાં પડે છે.

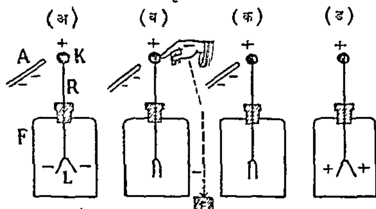
આ રીતે ધન અને ઋણ ભારો (positive and negative charges) છૂટા પડે તેને વિદ્યુત ઉપપાદન (electric induction) કહેવામાં આવે છે.

હવે ધારો કે આકૃતિ (૨૪૩–અ) માં બતાવેલા વિદ્યુતદર્શકની નજીકથી જ એબોનાઈટનો સળિયો દૂર લઈ જઈએ તો વિદ્યુતદર્શકનો ધન અને ઋણ ભારો એકમેકને શિથિલ (neutralise) કરે છે.

જ્યારે એબોનાઈટનો સળિયો નજીક હોય (આકૃતિ ૨૪૩–બ) ત્યારે ઉપરના ડટ્ટાને એ જ સ્થિતિમાં આપણી આંગળી વડે અડકીએ, તો માલૂમ પડશે કે એમાંથી સોનાના વરખ ઉપર રહેલો ઋણભાર જતો રહે છે અને બન્ને વરખનાં પાનો એકમેકની નજીક આવે છે. એનું કારણ એ છે કે સોનાના વરખ ઉપર આવેલો ભાર બને તેટલો દૂર જવાનો પ્રયત્ન કરે છે અને તેથી આપણા શરીર વાટે વરખ ઉપરનો ઋણભાર (negative charge) જમીન તરફ ચાલ્યો જાય છે. આમ વિદ્યુતદર્શકના વરખનાં પાનો શિથિલ થાય છે અને તેથી તે બન્ને પાછાં નજીક આવે છે. હવે જો આપણી આંગળી ખસેડી લઈએ તો વિદ્યુતદર્શક ઉપર માત્ર ધનભાર (positive charge) જ રહી જશે અને એબોનાઈટના સળિયાને દૂર લઈ જતાં એ ધનભાર વિદ્યુતદર્શકના આખા ધાતુના સળિયા અને

સળિયા R ના દટ્ટા K ઉપર રહી જાય છે. હવે તમારી આંગળી દૂર કરશો તોપણ પાન છૂટાં પડતાં નથી (આકૃતિ ૨૪૩–क), કારણ કે હજી ધનભાર

આકૃતિ ૨૪૩.



સળિયા ઉપરના ઋણભારથી આકર્ષાયેલો રહે છે. હવે સળિયાને દૂર કરો એટલે ઉપપાદિત ધનભાર દટ્ટામાંથી સળિયા ઉપર તેમજ નીચેનાં વરખના પાનો ઉપર પણ પ્રસરી જાય છે (આકૃતિ ૨૪૩–ड). આ પ્રમાણે વિદ્યુત ઉપપાદન ક્રિયા વડે વિદ્યુતદર્શકને ધનભારવાહી બનાવી શકાય છે.

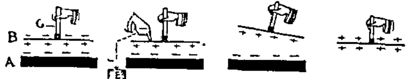
હવે એ વિદ્યુતદર્શકની નજીક એક રેશમ ઉપર ઘસેલો કાચનો સળિયો લાવો. વરખનાં પાનો છૂટા પડે છે કે નજીક આવે છે? વરખના પાનાં ઉપર કયી જાતની વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે?

ઉપર પ્રમાણે જો પ્રથમ ધનભારવાહી કાચના સળિયાને વિદ્યુતદર્શકની નજીક લાવીએ તો વિદ્યુતદર્શકને ઋણભારવાહી પણ બનાવી શકીએ છીએ.

ઉપરના પ્રયોગ વડે વિદ્યુતદર્શકમાં વિદ્યુત ઉપપાદન કેવી રીતે થાય તે બતાવેલું છે. એબોનાઇટના ઋણભારવાહી (negatively charged) સળિયાને વિદ્યુતદર્શકની નજીક લાવીએ એટલે વરખનાં પાન અને ધાતુના બીજા દરેક ભાગમાંથી, સળિયા A ઉપરના ઋણભારના જેટલો જ ધનભાર આકર્ષાઈને ઉપરના દટ્ટામાં આવે છે,

ઋણુ (negative) ભાર ઉત્પન્ન થાય છે. ત્યાર પછી ધાતુની તાવી એના ઉપર મૂકવામાં આવે છે. બન્ને તાવીની વચ્ચે એ ત્રણ ટેકા રાખવાથી તેમનેા એકબીજા સાથે સંપૂર્ણ સંગમ થતેા નથી. આ ધાતુની તાવીની ઉપર વિદ્યુત ઉપપાદન (induction) કેવી રીતે થાય છે તે નીચેની આકૃતિ (૨૪૫) વડે બતાવવામાં આવ્યું છે.

આકૃતિ ૨૪૫.



આકૃતિ (૨૪૫–બ) વડે વિદ્યુતસ્ફૂરક (ઈલેકટ્રોફેારસ) માંથી કેવી રીતે વિદ્યુતભાર મેળવવેા તે સ્પષ્ટ રીતે સમજાવવામાં આવ્યું છે. પ્રથમ નીચેની એબેાનાઈટ અથવા લાખની પ્લેટ A ને ઊનના કપડાં વડે ઘસવાથી તેના ઉપર ઋણભાર પેદા થાય છે. એની ઉપર ધાતુની તાવી B ને કાચના હાથા G વડે પકડીને આકૃતિ (૨૪૫–અ) માં બનાવ્યા મુજબ મૂકવાથી તેના ઉપર ઉપપાદિત વિદ્યુત પેદા થાય છે. ધાતુની તાવી B માં નીચેના ભાગ ઉપર ધન (+) ભાર ઉપપાદિત થાય છે અને ઉપલા ભાગ ઉપર ઋણુ (–) ભાર ઉપપાદિત થાય છે. A અને B પ્લેટેા એક બીજાના સંપૂર્ણ સંપર્કમાં આવતી નથી અને માત્ર એ ત્રણ B માં પાડેલા ટેકા ઉપર જ રહે છે.

હવે આકૃતિ (૨૪૫–બ) માં બતાવ્યા મુજબ ધાતુની પ્લેટ B ને ઉપરથી તમારી આંગળી વડે અડકેા. આથી એની ઉપરનેા ઋણુ (–) ભાર તમારાં શરીરદ્વારા જમીનમાં ઊતરી જાય છે અને B પ્લેટમાં તળિયામાં માત્ર ધન (+) ભાર રહી જાય છે. હવે આંગળી દૂર કરીને પ્લેટને આકૃતિ (૨૪૫–ક અને ડ) માં બતાવ્યા મુજબ દૂર લઈ જશેા તેા તેના ઉપર માત્ર ધનભાર રહેલેા હશે. એ ભારનેા કેાઈ પણ બીજી વસ્તુને વિદ્યુતભારવાળી બનાવવામાં ઉપયેાગ થઈ શકે છે.

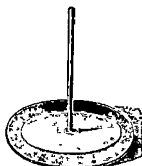
વરખ ઉપર પ્રસરી જાય છે. આથી જે વરખનાં પાન નજીક આવ્યાં હતાં તે પાછાં દૂર જાય છે.

ગરની ગોળી, કાગળ અને સૂકા દોરા વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુથી આકર્ષાય છે, તેનું કારણ પણ વિદ્યુત ઉપપાદનનું જ છે.

વીજળીવાહક (lightning conductors) પણ આવી જ રીતે કાર્ય કરે છે. જ્યારે વાદળનો પ્રચંડ વિદ્યુતભાર મકાનની નજીક આવે છે, ત્યારે વિજળી વાહકના ઉપલા છેડા ઉપર વિરુદ્ધ પ્રકારનો ભાર ઉપપાદિત થાય છે, અને એ વાહક અણીવાળો હોવાથી ઘણી ઝડપે તેના ભારનો વિભાર થાય છે. એ વિદ્યુત વિભારથી વાદળની વિદ્યુત શિથિલ થાય છે.

૯. વિદ્યુતસ્ફૂરક અને વ્હીમશર્ટ્સ યંત્ર (**Electrophorus and Whimshurt's Machine**). કાચના સળિયા ઉપર ઘર્ષણથી જે વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે, તે પ્રમાણમાં બહુ થોડી હોય છે. મોટા પ્રમાણમાં વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવા બીજા પ્રકારનાં યંત્રોની મદદ લેવી પડે છે.

આકૃતિ ૨૪૪.

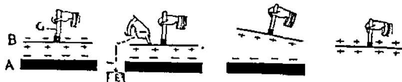


ઈલેક્ટ્રોફોરસ

આકૃતિ (૨૪૪) માં બતાવેલા યંત્રને ઈલેક્ટ્રોફોરસ કહેવામાં આવે છે. એના વડે એક જ વાર ઘર્ષણ કરી ઘણા જથ્થામાં વિદ્યુત મેળવી શકાય છે. ઉપરની તાવી (plate) ધાતુની છે અને તેને ઊંચકવા માટે કાચનો હાથો રાખેલો છે. નીચેની તાવી એબોનાઈટ અથવા લાખની બનાવેલી છે. એ નીચેની તાવીને ઊનના કપડાંથી ઘસવાથી તાવી ઉપર

ઋણ (negative) ભાર ઉત્પન્ન થાય છે. ત્યાર પછી ધાતુની તાવી એના ઉપર મૂકવામાં આવે છે. બન્ને તાવીની વચ્ચે બે ત્રણ ટેકા રાખવાથી તેમનો એકબીજા સાથે સંપૂર્ણ સંગમ થતો નથી. આ ધાતુની તાવીની ઉપર વિદ્યુત ઉપપાદન (induction) કેવી રીતે થાય છે તે નીચેની આકૃતિ (૨૪૫) વડે બતાવવામાં આવ્યું છે.

આકૃતિ ૨૪૫.



આકૃતિ (૨૪૫–વ) વડે વિદ્યુતસ્ફૂરક (ઈલેક્ટ્રોફોરસ) માંથી કેવી રીતે વિદ્યુતભાર મેળવવો તે સ્પષ્ટ રીતે સમજાવવામાં આવ્યું છે. પ્રથમ નીચેની એબોનાઈટ અથવા લાખની પ્લેટ A ને ઊનના કપડાં વડે ઘસવાથી તેના ઉપર ઋણભાર પેદા થાય છે. એની ઉપર ધાતુની તાવી B ને કાચના હાથા G વડે પકડીને આકૃતિ (૨૪૫–અ) માં બતાવ્યા મુજબ મૂકવાથી તેના ઉપર ઉપપાદિત વિદ્યુત પેદા થાય છે. ધાતુની તાવી B માં નીચેના ભાગ ઉપર ધન (+) ભાર ઉપપાદિત થાય છે અને ઉપલા ભાગ ઉપર ઋણ (−) ભાર ઉપપાદિત થાય છે. A અને B પ્લેટો એક બીજાના સંપૂર્ણ સંપર્કમાં આવતી નથી અને માત્ર બે ત્રણ B માં પાડેલા ટેકા ઉપર જ રહે છે.

હવે આકૃતિ (૨૪૫–વ) માં બતાવ્યા મુજબ ધાતુની પ્લેટ B ને ઉપરથી તમારી આંગળી વડે અડકો. આથી એની ઉપરનો ઋણ (−) ભાર તમારાં શરીરદ્વારા જમીનમાં ઊતરી જાય છે અને B પ્લેટમાં તળિયામાં માત્ર ધન (+) ભાર રહી જાય છે. હવે આંગળી દૂર કરીને પ્લેટને આકૃતિ (૨૪૫–ક અને ઙ) માં બતાવ્યા મુજબ દૂર લઈજશો તો તેના ઉપર માત્ર ધનભાર રહેલો હશે. એ ભારનો કોઈ પણ બીજી વસ્તુને વિદ્યુતભારવાહી બનાવવામાં ઉપયોગ થઈ શકે છે.

આ આખા પ્રયોગ દરમિયાન A ઉપરનો વિદ્યુતભાર બિલકુલ ઘટ્યો નથી, એટલે ફરીથી ઉપરની ઘટનાનું પુનરાવર્તન કરવાથી B પ્લેટને ફરીથી વિદ્યુતભારવાળી બનાવી શકાય છે. આવી રીતે વારંવાર એક જ પ્લેટ A માંથી ઘણીવાર વિદ્યુતભાર ઉપપાદિત કરી મેળવી શકાય છે, તેટલા માટે આવાં સાધનને વિદ્યુત-સ્ફુરક (ઈલિકટ્રોફોરસ, electrophorus) યંત્ર કહેવામાં આવે છે.

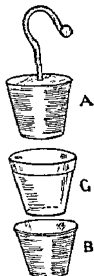
વ્હીમશર્ટનું યંત્ર ઘર્ષણથી કામ કરે છે. તેમાં બે કાચની તાવી એકમેકથી ઊલટી ફરે એમ રાખેલી છે. એ બન્ને તાવી ઉપર બહારની બાજુની કોરને આંતરેઆંતરે ધાતુના ટુકડા (knobs) જડેલા છે. એ ટુકડા સાથે ઘર્ષણ થાય તેવાં બે બ્રશ (brush) કાટખૂણે રાખેલાં છે. આ ઘર્ષણથી તાવીના ધાતુના ટુકડા ઉપર વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને તેમાંનો ધન (positive) ભાર એક બાજુએ રાખેલાં સંચાર બ્રશ (collecting brush) ઉપર ભેગો થાય છે, જ્યારે બીજી બાજુએ ઋણ (negative) ભાર ભેગો થાય છે.

૧૦. સંચારક (Condenser). આગળ જોયું તેમ વિદ્યુતવાહક અણીવાળો હોય તો તેમાં વધારે વિદ્યુતભાર રહી શકતો નથી; પરંતુ હવામાં વિભાર (discharge) થાય છે. એ જ પ્રમાણે દરેક વાહક ઉપર અમુક હદ સુધીમાં જ વિદ્યુતભાર (charge) આપી શકાય છે, અને વધારે ભાર આપતાં તે હવામાં ચાલ્યો જાય છે. પરંતુ જો એક ધનભારવાળા વાહક અને બીજા ઋણભારવાળા વાહકને એકમેકની નજીક રાખવામાં આવે, તો અરસપરસનાં આકર્ષણને લીધે તે બન્ને ઉપર ઘણો ભાર (charge) આપી શકાય છે.

આ ઘટનાને વિદ્યુત સંચારક (electric condenser),

એટલે કે વધારે પ્રમાણમાં વિદ્યુત સંગ્રહી રાખવાનાં સાધન તૈયાર કરવામાં ઉપયોગમાં લેવાય છે.

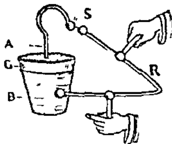
આકૃતિ ૨૪૬.



આકૃતિ (૨૪૬) માં વચ્ચે એક કાચનું જામ G બતાવેલું છે. એની અંદર બરોબર આવી રહે તેવો ધાતુનો ડબ્બો (A) ઉપર બતાવેલો છે. એ ડબ્બાને જામમાં મૂકીને વિદ્યુતભાર આપવામાં આવે છે. હવે એ કાચના જામ G ને એક બીજા ધાતુના જામ (B)-માં આકૃતિ (૨૪૭) માં બતાવ્યાં મુજબ મૂકવામાં આવે છે. આથી એ ધાતુના જામ ઉપર વિદ્યુત ઉપપાદન (*induce*) થાય છે જો અંદરના ડબ્બા (A) ઉપર ધનભાર હોય તો બહારના જામ (B) ના અંદરના ભાગમાં ઋણભાર અને બહારના ભાગમાં ધનભાર ઉપ-પાદન થાય છે. પરંતુ જો બહારના જામનું જમીન સાથે સંધારણ કરીએ તો તેના ઉપરનો ધનભાર ચાલ્યો જાય છે. અંદરના ડબ્બા ઉપર ધનભાર રહેલો છે, અને બહારના ડબ્બા ઉપર તેટલો જ ઋણભાર રહેલો છે. આથી એ ડબ્બાને વધુ વિદ્યુતભાર આપી શકાય છે, કારણ કે અન્ને વિરુદ્ધ ભારના આકર્ષણથી હરેકની ઉપરનો ભાર વધુ પડતો હોય તો પણ હવામા વિભારિત થતો નથી. આ રીતે રચના કરી વધારે વિદ્યુતભાર સંચાર કરવાનાં સાધનને વિદ્યુતસંચારક (condenser) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ (૨૪૭) માં બતાવ્યા મુજબ વિદ્યુતસંચારકને રાખીને વિદ્યુતભાર આપ્યો હોય અને એની અંદરના વિદ્યુતભાર-

આકૃતિ ૨૪૭.



વાળા ડબ્બાના A છેડાને અને બહારના ધાતુના ડબ્બા B ને R જેવા વિદ્યુતવાહક સળિયાથી જોડવામાં આવે તો મોટો વિદ્યુત-વિભાર (electric discharge) થતો માલૂમ પડશે. એ સાધનમાં ડબ્બા A ને ઉપરના દટ્ટા મારફતે ભાર અપાય છે, અને બહારના ડબ્બા B ને જમીન સાથે જોડવામાં આવે છે. સળિયા R ને કાચના હાથા વડે પકડવામાં આવે છે.

સાર

૧. કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસવાથી તેના ઉપર ધન (+) વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે. અબનૂસીના સળિયાને ઊન ઉપર ઘસવાથી તેના ઉપર ઋણ (–) વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે. એ બન્ને સળિયા નાના કાગળના ટુકડાને અથવા હલકા નાના પદાર્થને આકર્ષે છે.

૨. સજાતીય વિદ્યુતભાર એકમેકને અપાકર્ષે છે અને વિજાતીય વિદ્યુતભાર એકમેકને આકર્ષે છે.

૩. વિદ્યુતભારનું અસ્તિત્વ જાણવા વિદ્યુતદર્શક ઉપયોગમાં આવે છે. ગરની ગોળીને રેશમથી લટકાવવાથી ગરની ગોળીનો વિદ્યુતદર્શક તૈયાર થાય છે. એક કાચના સળિયાને છેડે બે સોનાના વરખ લગાડી તેને બરણીમાં મૂકવાથી સોનાના વરખનો વિદ્યુતદર્શક તૈયાર થાય છે. વિદ્યુતભારવાળી વસ્તુને નજીક લાવવામાં આવે તો તે વસ્તુ ગરની ગોળીને આકર્ષે છે, અને વિદ્યુત-દર્શકના સોનાના વરખનાં પાનને છૂટાં પાડે છે.

૪. જે વસ્તુમાંથી વિદ્યુતભાર પસાર થઈ જાય તેને વિદ્યુતવાહક (conductor) અને જેમાંથી વિદ્યુતભાર પસાર નથી થતો તેને વિદ્યુતરોધક (non-conductor) કહેવામાં આવે છે.

૫. અણીવાળી વસ્તુ ઉપર વિદ્યુતભાર સૌથી વિશેષ પ્રમાણમાં રહે છે અને તેથી તે જગાથી હવામાં એ ભાર વિભારિત (discharge) થાય છે. વીજળી વાહક સળિયા (lightning conductor) માંથી પણ એ રીતે વિદ્યુતભારનો વિભાર થાય છે અને તેથી વાદળની વીજળીને શિથિલ બનાવે છે અને એ રીતે ઘરને રક્ષણ મળે છે.

૬. વિદ્યુતભારવાળી વસ્તુની નજીક એક વાહક (conductor) ને રાખવામાં આવે તો તેમાં વિદ્યુત ઉપપાદન થાય છે અને તેને અડકીએ તો આપણા શરીરવાટે (વિદ્યુતભારવાળી વસ્તુમાં છે તે પ્રકારનો) ભાર જમીનમાં ઊતરી જાય છે અને આ બીજી વસ્તુ ઉપર આપમેળે ઉપપાદિત (induced) ભાર પેદા થાય છે.

વિદ્યુતસંચારક વડે બે વિજાતીય ભાર એકમેકના આકર્ષણથી રહે છે અને તેથી તેમાં ઘણો ભાર રહી શકે છે.

૮. ઇલિક્ટ્રોફોરસ અને વ્હીમશર્ટ્સ મશીન વડે જોઈએ તેટલો ભાર ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. ઇલિક્ટ્રોફોરસ ઉપપાદિત ભાર પેદા કરે છે અને વ્હીમશર્ટ્સ મશીનમાં ઘર્ષણથી પેદા થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) ઘર્ષણથી કેટલા પ્રકારની વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે? વિદ્યુતભારનાં આકર્ષણના નિયમ આપો.

(૨) વિદ્યુતદર્શક યંત્રની રચના સમજાવો.

(૩) વિદ્યુતવાહકની સપાટી ઉપર વિદ્યુત કેમ અને કેટલા પ્રમાણ પ્રસરે એ જણાવો.

(૪) વિદ્યુતવિભાર ક્યારે થાય છે? દૃષ્ટાંત આપો.

(૫) એક વિદ્યુતયંત્રનું ટૂંકમાં વર્ણન કરો.

(૬) વિદ્યુત ઉપપાદિત કેમ થાય તે સમજાવો.

(૭) વીજળીવાહક સળિયો મકાનને કેવી રીતે રક્ષણ આપે છે?

(૮) વિદ્યુતસંચારકમાં વધુ વિદ્યુત શાથી રહી શકે છે?

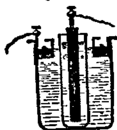
દ્રાવણમાં જસતથી તાંબાની પ્લેટ તરફ જાય છે એટલે હમેશાં વિદ્યુતપ્રવાહ ધન છેડા તરફથી ઋણ છેડા તરફ જાય છે એમ ધારવામાં આવે છે. આ કારણથી વિદ્યુતકોષ (electric cell) ના જે છેડાનું વિદ્યુત દબાણ વધુ હોય તે છેડાને (+) થી અને બીજાને (−) થી દર્શાવવામાં આવે છે. આ સાદા કોષમાં તાંબાની પ્લેટ ધન (+) છેડો છે અને જસતની પ્લેટ ઋણ (−) છેડો છે. દરેક વિદ્યુતકોષ (electric cell) માં રાસાયણિક ક્રિયા વડે રસાયણ-શક્તિનું વિદ્યુતશક્તિમાં રૂપાંતર થાય છે.

[આ કોષમાં જસત (zinc) સલ્ફ્યુરિક એસિડમાં ઓગળવાથી ઝીંકસલ્ફેટ અને હાઈડ્રોજન એવાં બે દ્રવ્યો છૂટાં પડે છે. હાઈડ્રોજન વાયુના અણુ ઉપર ધનભાર ઉત્પન્ન થાય છે અને એ વાયુ તાંબાની પ્લેટ ઉપર જઈને તે પ્લેટને ધનભારવાહી બનાવે છે. ઝીંક પ્લેટ ઉપર એટલો જ ઋણભાર ભેગો થાય છે. તાંબાની પ્લેટ ઉપર હાઈડ્રોજન વાયુના અણુ ચોંટવાથી ધીમે ધીમે એના ઉપર વધુ ભાર આવતો બંધ થાય છે. આથી બહારના તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ ઓછો થાય છે અને લાંબા વખત પછી બંધ થાય છે.]

ફરીથી જો એ તાંબાની પ્લેટને હલાવીને ઉપરના હાઈડ્રોજનના અણુને દૂર કરીએ તો પાછો એ કોષ (cell) જાગ્રત (active) થાય છે. આ રીતે પ્રવાહ અટકે છે તેને વિદ્યુતસ્તંભન (polarisation) કહેવામાં આવે છે. નીચે દર્શાવેલા વિદ્યુતકોષોમાં સ્તંભન બને તેટલું ઓછું થાય એવી રચના કરવામાં આવે છે.

૨. ડેનિયલ કોષ (**Deniell Cell**). આ કોષમાં સાદા કોષની પેઠે એક જસતનો અને એક તાંબાનો એમ બે છેડા હોય છે. જસતનો છેડો રહેલો છે, તે વાસણમાં ઝીંક સલ્ફેટ (જસતના સલ્ફેટ) નું દ્રાવણ રાખેલું છે. અને તાંબાના વાસણમાં કોપર સલ્ફેટ

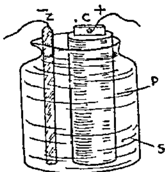
આકૃતિ ૨૪૯.



(તાંબાના સલ્ફેટ) નું દ્રાવણ રાખેલું છે. બન્ને દ્રાવણો ભેગાં થઈ જાય નહિ છતાં એકમાંથી બીજાં દ્રાવણમાં હાઈડ્રોજન વાયુ જઈ શકે, તેટલા માટે જસતના સલ્ફેટના દ્રાવણને છિદ્રાળુ માટીનાં વાસણમાં રાખી તેમાં જસતનો છેડો રાખવામાં આવે છે. આ છિદ્રાળુ વાસણ પોર્સલેનનું હોય છે. એનાં છિદ્રો એટલાં સૂક્ષ્મ હોય છે કે તેમાંથી દ્રાવણમાં રહેલો પદાર્થ એકથી બીજી બાજુએ જઈ શકતો નથી, માત્ર દ્રાવણમા રહેલું પાણી અથવા તેમાં ઉત્પન્ન થયેલાં હાઈડ્રોજન વાયુના અણુ એકથી બીજી બાજુએ જઈ શકે છે. આથી બન્ને દ્રાવણો ભેગાં થઈ જતાં નથી. આમાં ધન (+) છેડો તાંબાનો છે અને ઋણ (−) છેડો જસતનો છે (આકૃતિ ૨૪૯.)

૩. લેકલાન્શે કોષ (Leclanche's Cell). એમાં એક છેડો કાર્બન (કોલસાનો) છે અને બીજો છેડો જસતનો છે જસતના છેડાને એમોનિયમ ક્લોરાઈડનાં દ્રાવણ (solution of ammonium chloride) માં રાખવામાં આવે છે કાર્બન છેડાને આગળના ફકરામા જણાવ્યું તેવા એક છિદ્રાળુ માટીના વાસણમા, મેંગેનિઝ ડાયોક્સાઈડ (manganese dioxide) અને કોલસા અથવા ગ્રેફાઈટના ભેળમાં રાખેલો હોય

આકૃતિ ૨૫૦.

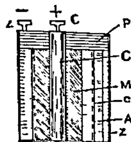


છે. એમાં કાર્બન ધન (+) છેડો છે અને જસત ઋણુ (−) છેડો છે (આકૃતિ ૨૫૦).

૪. બુન્સેન કોશ (Bunsen Cell). એમાં ધન છેડો કાર્બનનો હોય છે અને ઋણુ છેડો જસતનો હોય છે. કાર્બનના છેડાને ક્રોમિક એસિડનાં દ્રાવણમાં રાખવો પડે છે અને જસતના છેડાને સલ્ફ્યુરિક એસિડનાં દ્રાવણમાં રાખવો પડે છે. પરંતુ ઉપરના બે કોષોની પેઠે એ બન્ને દ્રાવણોને છૂટાં ન રાખતાં એક-મેકમાં ભળવા દેવામાં આવે તો પણ ખાસ વાંધો નથી; એટલે સામાન્ય રીતે ક્રોમિક એસિડ (chromic acid) અને સલ્ફ્યુરિક એસિડનાં મિશ્રણમાં આ બન્ને છેડા રાખવામાં આવે છે. ક્રોમિક એસિડને બદલે ઘણી વાર પોટાસિયમ બાઈક્રોમેટ પણ વાપરવામાં આવે છે. આથી કેટલીક વાર એને બાઈક્રોમેટ કોષ કહેવામાં આવે છે.

૫. પોકેટ બેટરી અથવા નિર્દ્રવ કોષ (Dry Cell). હાથની ટોર્ચ લાઈટ માટે વપરાતી ડ્રાય સેલ (નિર્દ્રવ કોષ) ઘણા-ખરાએ જોયો હશે. એમાં ઢળી જાય એવું પ્રવાહી ન હોવાથી એને

આકૃતિ ૨૫૧



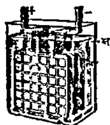
નિર્દ્રવ કોષ (જેમાં દ્રવ એટલે પ્રવાહી ન હોય તેવો કોષ) કહેવામાં આવે છે. એની રચના લગભગ લેકલાન્શે કોષ જેવી જ છે. મધ્યમાં કાર્બનનો ધન (+) છેડો (C) છે, અને દ્રાવણ વગેરેને રાખવા માટેનું વાસણ જસત (Z) નું બનાવી તેને ઋણુ (−) છેડો તરીકે વાપરવામાં આવે છે. મૅંગેનિઝ ડાયોક્સાઈડ (M), ઝીંક ક્લોરાઈડ, એમોનિયમ ક્લોરાઈડ (A) અને કોલસાના અથવા ગ્રેફાઈટના

બારીક ભૂકાનું સહેજ ભીનાશવાળું મિશ્રણ કરી તેમાં કાર્બન (C) છેડાને રાખવામાં આવેલો છે. એ કોષનો ઉપલો ભાગ (P) લાખ વડે બંધ કરી દેવામાં આવે છે.

ઉપર દર્શાવેલા સર્વ કોષોમાં રાસાયણિક ક્રિયા થવાથી વિદ્યુત પેદા થાય છે.

૬. સંગ્રાહક કોષ (Storage Cell, Accumulator). બેટરી (અથવા સંગ્રાહક કોષ) મોટરની લાઈટ માટે તથા એંજિન શરુ કરવા, આગગાડીમાં દીવા અને પંખાને માટે વિદ્યુત પુરી પાડવા, વગેરે કામોમાં ઘણી વપરાય છે. સાધારણ રીતે એવી માન્યતા હોય છે કે એમાં પહેલાં વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલી તેનો સંગ્રહ કરવામાં આવે છે અને એ વિદ્યુતપ્રવાહને પાછળથી ઉપયોગમાં લેવાય છે. પ્રવાહનો સંગ્રહ થવાનું ખરૂં કારણ એ છે કે એમાં પ્રથમ 'એક દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલી વિદ્યુતશક્તિનું સંભાવ્ય રસાયણશક્તિ (potential chemical energy) માં રૂપાંતર કરવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૫૨



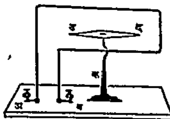
એ કોષની બન્ને પ્લેટ સીસાની બનાવેલી હોય છે, અને પ્લેટની વચ્ચે બારીક જાળી રાખી તેમાં સીસાનો ઑક્સાઈડ (લેડ ઑક્સાઈડ અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું મિશ્રણ) રાખવામાં આવે છે. બન્ને પ્લેટ લ અને લ' ને (આકૃતિ ૨૫૨) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને પાણીના ૧ ને ૧૦ નાં પ્રમાણનાં દ્રાવણ સ માં રાખવામાં આવે છે. વિદ્યુત મળતી હોય તે લાઈનમાંથી પ્રવાહ લઈ, એ બેટરીમાંથી (કોષમાંથી) (+) છેડા તરફથી (−) છેડા તરફ લાંબો વખત

પસાર કરવામાં આવે છે. જેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ દાખલ થાય છે તે છેડા લ નો રંગ બદલાય છે અને કાળો તપખીરિયો રંગ થાય છે. કારણ કે એ છેડાને લેડ ઑક્સાઇડમાંથી લેડ પેરૉક્સાઇડ નામનું સંયોજન (compound) તૈયાર થાય છે. જ્યારે એમાંથી પ્રવાહ લેવામાં આવે છે, ત્યારે લેડ ઑક્સાઈડનું લેડ (સીસું) બને છે, કારણ કે એમાંથી ઑક્સિજન જતો રહે છે.

જ્યારે એમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ લેવો હોય ત્યારે જે છેડામાંથી પ્રવાહ દાખલ થતો હતો તે જ છેડો લ ધન (positive) છેડો બને છે. આમ એ કોષને સંપૂર્ણ ભાર (charge) આપ્યો હોય તો એ લાંબો વખત કામ આપે છે.

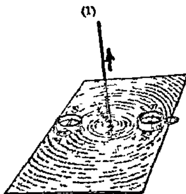
૭. વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબક અસર (Magnetic Effect of Current). પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૫૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક અ ને વ છેડાને જોડેલો તાર લો. તારની વચ્ચે એક અણીવાળા સળિયા ક ઉપર લોહચુંબક સોય મૂકો. લોહચુંબક સોય જે દિશામાં રહે છે તે જ દિશામાં એ તારનાં ચોકઠાને પણ રાખો. હવે અ ને વ છેડાને એક વિદ્યુતકોષ (electric cell) ના બે છેડા સાથે જોડો. લોહચુંબક સોય ઉપર શી અસર થાય તેની નોંધ કરો. અ ને વ છેડાના વિદ્યુતકોષની સાથેનાં જોડાણ ઊલટસૂલટ કરો. હવે લોહચુંબક સોય કયી દિશામાં ફરે છે તેની નોંધ કરો.

આકૃતિ ૨૫૩.



(૨):—એક જાડા કાગળમાં કાણું પાડી તેમાંથી એક તારને પસાર કરો અને તેમાંથી બતાવ્યા મુજબ પ્રવાહ પસાર કરો (આકૃતિ ૨૫૪). હવે તે તારની ફરતે લોખંડનો વહેર નાંખો. કાગળને સહેજસાજ હલાવો લોખંડનો વહેર કયી પરિસ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે છે ? આકૃતિ (૨૫૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે

આકૃતિ ૨૫૪.



બે ચુંબક સોય (compass needle) ને તારની સામસામી બાજુએ રાખો અને તેમના ધ્રુવો કયી દિશામાં રહે છે તેની નોંધ કરો. વિદ્યુતવાહકની ફરતે ચુંબકબળ રેષા કયી દિશામાં રહે છે તેની ખાતરી કરો.

પ્રયોગ (૧) ઉપરથી સમજાય છે કે જો વિદ્યુતવાહક તારની નીચે લોહચુંબકની સોય રાખવામાં આવે, તો જ્યાં સુધી વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલવામાં આવે ત્યાં સુધી એ સોય કોણાવર્ત (deflect) થાય છે. જેવો વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય કે તેવી એ પાછી ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં આવી જાય છે. જેમ વિદ્યુતપ્રવાહનું બળ વધુ તેમ સોયનું વર્તન (deflection) પણ વધુ હોય છે. આનું કારણ એ છે કે જ્યારે એક વાહકમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે, ત્યારે વાહકની ફરતે ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય છે, એટલે કે વાહકની ફરતે ચુંબક રેષાઓ (magnetic lines of force) અથવા ચુંબકબળ (magnetic field) પ્રવર્તે છે.

આકૃતિ ૨૫૫

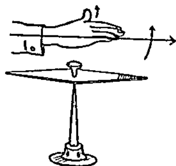


પ્રયોગ (૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક વિદ્યુતવાહક તારને કાગળમા પરોવી તેની ફરતે લોખંડનો વહેર નાંખીએ તો માલૂમ પડશે કે વહેરના કણો ચુંબકરેષાની દિશામાં ગોઠવાઈ જાય છે. એ ચુંબકરેષાઓ વાહકની ફરતે વર્તુલ દિશામાં પ્રસરેલી માલૂમ પડે છે.

આકૃતિ (૨૫૫) માં જમણા હાથમાં એક વાહકને પકડેલો બતાવેલો છે. એમાં

બતાવેલી દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે, અને આંગળાં ચુંબકરેખાની દિશા બતાવે છે. એટલે એ વાહકની નજીક લોહચુંબક સોય રાખીએ તો તે સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ આંગળાંની દિશામાં કોણાવર્ત (deflect) થશે. આકૃતિ (૨૫૬) માં બતાવ્યા મુજબ એક લોહચુંબક સોયની ઉપર હાથનાં આંગળાંની દિશામાં પ્રવાહ પસાર થાય તો સોયનો ઉત્તર છેડો જમણા હાથના અંગુઠાની દિશામાં વર્તન પામે છે. જમણા હાથની હથેલીને હમેશાં સોયની તરફ રાખવી જોઈએ અને આંગળાંને પ્રવાહની દિશામાં રાખવાં જોઈએ. જો પ્રવાહની દિશા બદલીએ તો ચુંબકરેખા ઊલટી દિશામાં જશે અને તેથી લોહચુંબક સોય પણ વિરુદ્ધ દિશામાં કોણાવર્ત થશે. પ્રવાહનું જોર જેમ વધારતા જઈએ તેમ સોય ઉપર લાગતું ચુંબકબળ પણ વિશેષ થાય છે, એટલે સોય વધુ ને વધુ કોણાવર્ત થાય છે વિદ્યુતપ્રવાહનું ચુંબકબળ જેમ દૂર લઈ જઈએ તેમ ઓછું થાય છે, એટલે સોય પણ દૂરતાના પ્રમાણમાં વત્તીઓછી કોણાવર્ત થશે. આ અસરને વિદ્યુતપ્રવાહ માપવા માટે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

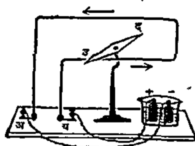
આકૃતિ ૨૫૬.



૮. વિદ્યુત પ્રવાહદર્શક (**Current Detector, Galvanoscope**). પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૫૭) મા બતાવ્યા મુજબનુ એક સ્ટૅંડ ઉપર જડેલું વિદ્યુતવાહક તારનુ ચોકઠું લો, અને તેના મધ્યમાં એક લોહચુંબક સોયને એક અણીવાળા સળિયા ઉપર રાખો સોય ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં રહેશે એટલે એ ચોકઠાને પણ એ જ દિશામાં રાખો હવે એ તારના અ ને બ છેડાને એક વિદ્યુત કોષ સાથે બતાવ્યા પ્રમાણે જોડો.

લોહચુમ્બક સોય કેટલું કોણાવર્તન (deflection) પામી તેની નોંધ લો. હવે અ ને ચ છેડાને એકને બદલે બે કોષની સાથે જોડો. લોહચુમ્બક સોય કેટલુ વર્તન પામી તે નોંધો.

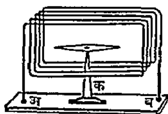
આકૃતિ ૨૫૭.



(૨):—આકૃતિ (૨૫૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક ઘણા તારનુ ચોકઠું લઈ તેની વચ્ચે क સળિયા ઉપર લોહચુંબક સોય રાખો. હવે એના અ ને ચ છેડાને અનુક્રમે એક અને બે કોષ સાથે જોડો. આ વખતનાં સોયનાં કોણાવર્તન (deflection)ને પહેલા પ્રયોગમાં થયેલાં કોણાવર્તન સાથે સરખાવો.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી સમજાય છે કે આકૃતિ (૨૫૭) ના જેવી રચના કરવાથી વિદ્યુત પ્રવાહનું માપ જાણી શકાય છે. પ્રવાહ ચાલુ થવાથી લોહચુંબક સોય જે ઉત્તરદક્ષિણ રહે છે, તે કોણાવર્ત થઈને બીજી દિશામાં રહે છે, પરંતુ એ કોણાવર્તન વિદ્યુતપ્રવાહની ઉપર આધાર રાખે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ વધુ તેમ સોયનું કોણાવર્તન (deflection) પણ વધુ; વળી એક જ પ્રવાહથી

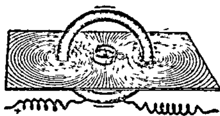
આકૃતિ ૨૫૮.



પ્રયોગ (૧) કરતાં પ્રયોગ (૨) માં વધુ કોણાવર્તન થાય છે, કારણ કે પ્રયોગ (૧) માં એકજ તારનું ચુંબકબળ સોય ઉપર અસર કરે છે, જ્યારે પ્રયોગ (૨) માં ઘણા સમાંતર તારોમાંથી પસાર થતા વિદ્યુત-પ્રવાહના ચુંબકબળની અસર થાય છે. આવાં સાધનને પ્રવાહદર્શક (galvanoscope or current detector) કહેવામાં આવે છે

૯. ગૅલ્વેનોમિટર (**Galvanometer**). બહુ જ સૂક્ષ્મ પ્રવાહ માપવાને આકૃતિ (૨૫૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે લાંબા રેશમથી વીંટિલા તારોને ગોળ ચક્રમાં ગૂંછળું (coil) વીંટાળી તેમાંથી વિદ્યુત-પ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે છે. એ ગૂંછળાના મધ્યમાં સૌથી વિશેષ ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે. એ ગૂંછળાને

આકૃતિ ૨૫૯.

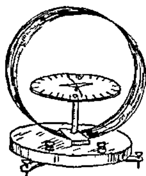


ઉત્તરદક્ષિણ એટલે કે સોયની સમાંતર દિશામાં રાખવામાં આવે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ થાય ત્યારે મધ્યમાં રાખેલી ચુંબક સોય ઉપર પૂર્વપશ્ચિમ દિશામાં ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય. આમ જ્યારે વિદ્યુત-પ્રવાહ ચાલુ થાય છે, ત્યારે ગૂંછળાંની મધ્યમાં બે બળ ઉત્પન્ન થાય છે. એક ઉત્તરદક્ષિણ દિશાનું પૃથ્વીનું ચુંબકબળ અને બીજું પૂર્વપશ્ચિમ દિશાનું વિદ્યુતપ્રવાહનું ચુંબકબળ. આથી ગૂંછળાંની મધ્યની લોહચુંબક સોય આ બે બળને લીધે વિદ્યુતપ્રવાહના જોરના પ્રમાણમાં પૂર્વ કે પશ્ચિમ તરફ કોણાવર્ત થાય છે.

આ સાધનવડે આપણે કોઈ પણ વિદ્યુતપ્રવાહનું માપ કાઢવું હોય તો આ સાધનના બે છેડાને વિદ્યુતમાર્ગ (electric circuit) માં જોડી સોયનું કેટલું કોણાવર્તન (deflection) થાય તે નોંધવું પડે છે.

આવાં ગોળ ગૂંછળાંવાળા પ્રવાહદર્શકની વચ્ચે એક ખૂણાના માપવાળું ચક્ર રાખવામાં આવે છે, અને લોહચુંબકની સોયને તેના ઉપર લટકાવવામાં આવે છે. સોય નાની હોય છે એટલે તેના ઉપર કાટખૂણે એક લાંબો અને હલકો દર્શક (pointer)

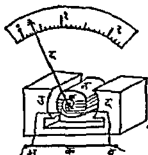
આકૃતિ ૨૬૦.



ગેલ્વેનોમિટર
Galvanometer

રાખવામાં આવે છે. એ દર્શક વડે સોયનું કોણાવર્તન માપવામાં આવે છે, અને તેના ઉપરથી પ્રવાહનું મૂલ્ય શોધવામાં આવે છે. આવાં સાધનને ગેલ્વેનોમિટર (galvanometer) કહેવામાં આવે છે. ગેલ્વેનોમિટરના તારના ગૂંછળાને હમેશાં ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં રાખવામાં આવે છે. એની નીચે ત્રણ સ્ક્રૂ છે તેના વડે તેના પાયાને બરાબર સમસૂત્ર રાખવામાં આવે છે. જે વિદ્યુત માર્ગમાં પ્રવાહ માપવો હોય તેમાંથી બે તારના છેડાને ગેલ્વેનોમિટરના પાયા સાથે જડેલા બે છેડા (terminal) સાથે જોડવામાં આવે છે. ગેલ્વેનોમિટરમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહનું મૂલ્ય સીધું મળી શકતું નથી, પરંતુ વર્તનકોણની ઉપરથી ગણતરી કરી પ્રવાહનું માપ કાઢવું પડે છે.

આકૃતિ ૨૬૧.



એમિટર (ammeter)

૧૦. એમિટર (Ammeter). જો વિદ્યુતપ્રવાહ સીધો જ કોઈ સાધન વડે માપી શકાય તો સારું. એટલા પુરતું વિદ્યુતપ્રવાહ માપવાને એમિટર (ammeter) નામનું સાધન તૈયાર કરવામાં આવ્યું છે. એની રચના આકૃતિ (૨૬૧)માં બતાવી છે. એક ઘણા બળવાન લોહચુંબકના બે ધ્રુવોની વચ્ચે એક લોખંડના નળાકાર (cylinder) ઉપર તાર વીંટાળેલો છે. એ તારોના એક છેડાને અ ની સાથે અને બીજા છેડાને વ ની સાથે સાંધેલો

લોખંડનો નળાકાર એક ધરી ઉપર ગોળ ફરે તેમ, પરંતુ સ્પ્રીંગ સ વડે એક જ જગ્યાએ આવી રહે તેમ, રાખેલો છે. તેમાંથી પ્રવાહ પસાર ન થતો હોય ત્યારે એ નળાકારની સાથે લગાડેલો દર્શક દ્ પ્રવાહના માપની આંકપટી (scale) ઉપર 0 નો આંકડો દર્શાવે છે. જ્યારે એ સાધનના અ ને વ છેડાને વિદ્યુતમાર્ગમાં જોડીએ, ત્યારે તેમાંથી પ્રવાહ પસાર થવાથી એ નળાકારમાં ઉપર વીંટાળેલા તારને લીધે ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય અને તેના અને આજુબાજુ રાખેલા લોહચુંબકનાં આકર્ષણબળને લીધે પ્રવાહના જોરના પ્રમાણમાં એ નળાકારનું કોણાવર્તન (deflection) થાય છે. પ્રવાહનું મૂલ્ય દર્શક દ્ વડે સીધું જ વાંચી શકાય છે.

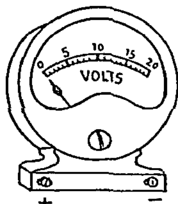
વિદ્યુતપ્રવાહના એકમને ઍમ્પિયર (ampere) કહેવામાં આવે છે. એટલા પુરતું આ સાધનને ઍમિટર (ammeter) કહેવામાં આવે છે. ઍમિટર એટલે વિદ્યુત પ્રવાહને ઍમ્પિયરમાં માપવાનું સાધન.

આ સાધન વડે મોટો વિદ્યુતપ્રવાહ માપવો પડે છે, એટલે બધો પ્રવાહ નળાકાર ઉપર વીંટાળેલા પાતળા તારમાંથી ન મોકલતાં મોટા ભાગનો પ્રવાહ સીધો અ વ ને જોડતા એક જાડા વાહક (ક) માંથી પસાર થાય છે અને નળાકાર ઉપર વીંટાળેલા તારમાંથી બહુ ઓછો પ્રવાહ પસાર થાય છે.

૧૧. વોલ્ટમિટર (Voltmeter). એક ઊંચી ટાંકીમાંથી એક નળવાટે પાણી નીચે લાવવામાં આવે તો તે પાણીના પ્રવાહના વેગનો આધાર ટાંકીની ઊંચાઈને લીધે લાગતાં દબાણ ઉપર રહે છે. જેમ ટાંકી ઊંચી તેમ દબાણ વધુ અને તેથી પાણીના પ્રવાહનો વેગ વધુ. 'આમ નળમાંના પાણીનાં પ્રવાહનો આધાર પાણીનાં દબાણ ઉપર રહે છે. એ જ પ્રમાણે વિદ્યુત-પ્રવાહનાં મૂલ્યનો આધાર વિદ્યુતચાલકબળ અથવા વિદ્યુતદબાણ

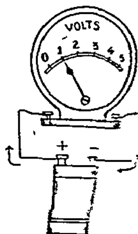
(electromotive force) ઉપર રહે છે. જો વિદ્યુતદબાણ અથવા વિદ્યુતચાલક બળ વધારે હોય તો વિદ્યુતપ્રવાહ પણ વધારે થાય છે. એટલે એક વિદ્યુતપ્રવાહ કેટલા બળથી મોકલવામાં આવે તે પણ જાણવું જરૂરનું છે. એ જાણવા માટે વિદ્યુતદર્શક (આકૃતિ ૨૩૫) વાપરી શકાય, પરંતુ પ્રમાણમાં બેટરીનું વિદ્યુતચાલકબળ બહુ ઓછું હોવાથી એનું વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force) વિદ્યુત-

આકૃતિ ૨૬૨.



વોલ્ટમિટર

આકૃતિ ૨૬૨-अ.



વધારે હોય છે. જે કોષનું વિદ્યુતચાલકબળ માપવું હોય તેનો ધન છેડો વૉલ્ટમિટર ઉપર દર્શાવેલા ધન (+) છેડાની સાથે જોડવામાં આવે છે અને ઋણ છેડો વૉલ્ટમિટરના ઋણ (−) છેડા સાથે જોડવામાં આવે છે. (આકૃતિ ૨૬૨–અ).

વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force) ને ઘણીવાર વૉલ્ટેજ (voltage) કહેવામાં આવે છે, કારણ કે એ બળનો એકમ (unit) એક વૉલ્ટ ગણાય છે. એટલા માટે જ ઉપલાં સાધનને વૉલ્ટમિટર કહેવામાં આવે છે.

૧૨. પ્રતિરોધ (અવરોધ) (**Resistance**). પાણી લઈ જતો નળ જેમ મોટો તેમ તેમાંથી પાણી વધુ પ્રમાણમાં જઈ શકે છે. જેમ નળ સાંકડો તેમ પાણીનો પ્રવાહ ઓછો થાય છે. સાંકડો નળ પાણીના પ્રવાહને અવરોધ આપે છે. આ જ પ્રમાણે વિદ્યુત-પ્રવાહ પણ જાડા તારમાંથી વધુ પ્રમાણ પસાર થાય છે અને પાતળા તારમાંથી ઓછા પ્રમાણમાં પસાર થાય છે; અથવા બીજી રીતે કહીએ તો જાડો તાર વિદ્યુતપ્રવાહને ઓછો પ્રતિરોધ (resistance) આપે છે, અને પાતળો તાર વધુ પ્રતિરોધ (resistance) આપે છે. આમ છતાં જો વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force) વધુ હોય તો તેના પ્રમાણમાં તે જ તારમાંથી વધુ વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. એટલે આપણે નીચેનો સારાંશ કાઢી શકીએ છીએ. લાંબો તાર ટૂંકા તાર કરતાં વધુ પ્રતિરોધ આપે છે.

(૧) પ્રતિરોધનો આધાર વાહક (તાર) ના પદાર્થ ઉપર રહે છે. કેટલીક ધાતુનો પ્રતિરોધ વધુ હોય છે અને કેટલીકનો ઓછો હોય છે.

(૨) પ્રતિરોધ તારની લંબાઈના પ્રમાણસર રહે છે; જેમ લંબાઈ વધુ તેમ પ્રતિરોધ વધુ.

(૩) પ્રતિરોધ વાહકના આડછેદ (cross section) ના ઊલટા પ્રમાણમાં આધાર રાખે છે. આડછેદ ઓછો હોય તેમ પ્રતિરોધ વધુ અને આડછેદ વધુ હોય તેમ પ્રતિરોધ ઓછો થાય છે; એટલે કે પાતળા તારનો પ્રતિરોધ વધુ થાય છે અને જાડાનો ઓછો થાય છે.

આમ છતાં પ્રવાહના મૂલ્યનો આધાર માત્ર પ્રવાહના પ્રતિરોધ ઉપર રહેતો નથી, પરંતુ વિદ્યુતચાલકબળ ઉપર પણ રહે છે. એક તારમાંથી ઓછો પ્રવાહ પસાર થતો હોય તે વિદ્યુતચાલકબળ વધારવાથી વધી શકે છે. આથી જ જો એક તારમાંથી એક વિદ્યુતકોષ વડે પ્રવાહ પસાર કરીએ તેને બદલે બે વિદ્યુતકોષ જોડી પસાર કરીએ તો પ્રવાહ લગભગ બેવડો થશે. વિદ્યુતચાલકબળ વધુ તેમ વિદ્યુતપ્રવાહ વધુ. વિદ્યુતચાલકબળ અને પ્રતિરોધ એ બે વસ્તુ ઉપર જ વિદ્યુતપ્રવાહનો આધાર રહે છે. એ ત્રણેનો અરસપરસ સંબંધ દર્શાવતો નિયમ નીચે દર્શાવ્યો છે.

૧૩. ઓહ્મનો કાયદો (**Ohm's Law**). ઓહ્મ નામના વૈજ્ઞાનિકે પ્રથમ આ કાયદો શોધી કાઢ્યો હતો, એટલે એને ઓહ્મનો કાયદો કહેવામાં આવે છે. એ પ્રમાણે

વિદ્યુતચાલકબળ = વિદ્યુતપ્રવાહ × પ્રતિરોધ

Electromotive force = Electric current × Resistance

$$E = C \times R$$

આમ જો વિદ્યુતચાલકબળ (જેને ઘણીવાર વિદ્યુત દબાણ અથવા electric voltage કહેવામાં આવે છે) અને પ્રતિરોધ (resistance) જાણવાથી એક વિદ્યુતમાર્ગ (electric circuit) માથી કેટલો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે,તે જાણી શકાય છે વિદ્યુત દબાણને વૉલ્ટમાં, વિદ્યુતપ્રવાહને એમ્પિયરમાં અને પ્રતિરોધને

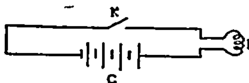
ઓહમમાં માપવામાં આવે છે; એટલે ઓહમના નિયમે પ્રમાણે

વોલ્ટ = એમ્પિયર × ઓહમ

થાય છે. એ ત્રણમાંથી બેનાં મૂલ્ય જાણીએ એટલે ત્રીજાનું મૂલ્ય મળી આવે છે.

૧૪. વિદ્યુતમાર્ગ (Electric Circuit). આકૃતિ (૨૬૩) વડે વિદ્યુતપ્રવાહ કેવી રીતે પસાર થઈને આખો માર્ગ પૂર્ણ કરી શકે તે બતાવવામાં આવ્યું છે. એમાં C વડે ચાર બેટરીઓ બતાવી છે. C નો નાનો છેડો ધન (+) છેડો ગણાય છે, એટલે ત્યાંથી વિદ્યુત નીકળીને પ્રથમ ચાવી K આગળ જાય છે. K ખુલ્લી હોય તો

આકૃતિ ૨૬૩.



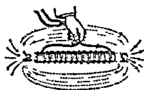
પ્રવાહ ત્યાંથી આગળ જઈ શકતો નથી એટલે એવા માર્ગને તૂટેલો અથવા ખુલ્લો માર્ગ (open circuit) કહેવામાં આવે છે. જો ચાવી K ને બંધ કરીએ તો એ પ્રવાહ B આગળ દર્શાવેલાં ગૂંછળાંમાંથી પસાર થઈને પાછો C ના ઋણ (−) છેડા ઉપર પહોંચે છે. બેટરીની અંદર પ્રવાહ ઋણ (−) છેડાથી ધન (+) છેડા તરફ જાય છે. (આકૃતિમાં જે ગૂંછળું બતાવેલું છે તે વીજળીના દીવાનું સૂચક છે.) આમ ચાવી બંધ કરેલી હોય તે માર્ગને બંધ માર્ગ (closed circuit) કહેવામાં આવે છે. ચાવી K ને હમેશાં આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ દર્શાવવામાં આવે છે અને વિદ્યુતના તારોને સાદી સીધી લીટીઓ વડે બતાવવામાં આવે છે.

૧૫. વિદ્યુતપ્રવાહની મુખ્ય અસરો. વિદ્યુતપ્રવાહની મુખ્ય

અસરો નીચે દર્શાવવામાં આવી છે. એ દરેક અસરનો આધાર પ્રવાહના મૂલ્ય ઉપર અને વિદ્યુતચાલકબળ ઉપર રાખે છે.

૧. ચુંબક અસર (**Magnetic Effect**). વિદ્યુતપ્રવાહ શરુ થાય એટલે વાહકની ફરતે ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે. જ્યાં સુધી વિદ્યુતભાર સ્થિર હોય છે, ત્યાં સુધી ચુંબકબળ પેદા થતું નથી. આકૃતિ (૨૬૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો એક ભરતર લોખંડ (soft iron) ના સળિયાની ફરતે અલગ કરેલો (insulated) વિદ્યુતવાહક તાર વીંટાળવામાં આવે, તો જ્યાં સુધી પ્રવાહ ચાલુ રહે છે ત્યાં સુધી એ સળિયો લોહચુંબકના ગુણો ધરાવશે. આવી જાતના લોહચુંબકને વિદ્યુતચુંબક (electromagnet) કહેવામાં આવે છે. જો ભરતર લોખંડને બદલે પોલાદ લોખંડ (steel) નો સળિયો રાખીએ તો તેમાં એટલું બધું ચુંબકબળ આવતું નથી, પરંતુ પ્રવાહ અટકાવીએ ત્યારે એ સળિયામાંથી ચુંબકબળ જતું રહેતું નથી, પરંતુ થોડું ચુંબકત્વ કાયમને માટે રહી જાય છે. આમ વિદ્યુતપ્રવાહ વડે ભરતર લોખંડના સળિયામાં પોલાદના સળિયાના કરતાં વધુ ચુંબકત્વ આવે છે, પરંતુ ભરતર લોખંડમાં પેદા થતું ચુંબકત્વ ક્ષણિક હોય છે અને લાંબો વખત ટકી રહેતું નથી.

આકૃતિ ૨૬૪.

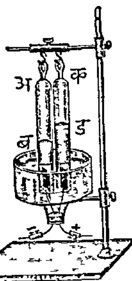


૨. ઉષ્ણતાની અસર (**Heating Effect**). જો પાતળા તારમાંથી ઘણાં વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force) વડે મોટો વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલવામાં આવે તો તાર ગરમ થયેલો માલૂમ પડે છે. જેમ તાર વધુ પાતળો તેમ ઉષ્ણતા વધુ. આ ઘટનાનો ઉપયોગ રક્ષક (safety) સાધન તરીકે કરવામાં આવ્યો છે. ઘરમાં વિદ્યુત

લેવામાં આવી હોય તે તારના માર્ગની વચ્ચે ચિનાઈ માટીનાં નાનાં ચોકઠાંમાં એક સીસાનો તાર રાખી વિદ્યુતપ્રવાહ તેમાં થઈને મોકલવામાં આવે છે. સીસાને ગરમ કરવાથી તરત પીગળી જાય છે, એટલે અકસ્માતે જો તારમાંથી ઘણો જ મોટો પ્રવાહ પસાર થાય તો એ સીસાનો તાર અતિ ગરમ થઈને પીગળી જાય છે, અને વચ્ચેથી તૂટી જઈને વિદ્યુતપ્રવાહનો માર્ગ બંધ કરે છે. જો આવી રચના ન કરી હોય તો ઘરની આખી વિદ્યુત તારની દોરી (line) સળગી જવાનો ભય રહે છે. આ સીસાના તારને ફ્યુઝ (fuse) કહેવામાં આવે છે. વિદ્યુત દીવામાં જે તાર હોય છે તે પણ વિદ્યુત-પ્રવાહને લીધે ગરમ થઈ પ્રકાશ આપે છે. એ તાર ટંગસ્ટન જેવી ધાતુનો બનાવેલો હોવાથી ઘણો ગરમ થાય છે છતાં પીગળી જતો નથી. વીજળીથી ગરમી ઉત્પન્ન કરવાનાં હવે ઘણાં સાધનો વપરાય છે. વીજળીના ચૂલા, વીજળીની ભઠ્ઠી, વીજળીની અસ્ત્રી, વીજળીની ચાદાની, વગેરે અનેક સાધનોમાં વિદ્યુતની ઉષ્ણતાની અસરનો ઉપયોગ થાય છે.

૩. રાસાયણિક અસર (Chemical Effect). વિદ્યુતપ્રવાહ જો કોઈ ક્ષારનાં દ્રાવણ (salt solution) માંથી પસાર કરવામાં આવે તો એ ક્ષારનું રાસાયણિક પૃથક્કરણ થાય છે. એ અસરને ઘણી વાર વિદ્યુત-પૃથક્કરણ (electrolysis) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૯૫) માં અ ब અને क ड એમ બે નળી બતાવેલી છે. એ બન્ને નળીમાં સહેજ એસિડવાળું પાણી ભરેલું છે; અને તેમને એવાં જ પાણીથી ભરેલાં વાસણમાં ઊંધી વાળેલી છે. દરેક નળીની અંદર અકેક વિદ્યુતછેડો (electrode) નીચેથી દાખલ કરેલો છે. સાધારણ દબાણવાળો વિદ્યુતપ્રવાહ એમાંથી પસાર કરવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે બન્ને નળીની ટોચે વાયુ ભેગો થવા

આકૃતિ ૨૬૫.



લાગે છે અને પાણીની સપાટી નીચે ઊતરે છે. ઋણ (−) છેડા (cathode) તરફ વધારે વાયુ ભેગો થશે અને ધન (+) છેડા (anode) તરફ અર્ધો વાયુ ભેગો થશે. આ બન્ને વાયુને તપાસતાં માલૂમ પડશે કે ઋણ છેડા તરફ હાઈડ્રોજન (H_2) ભેગો થયો છે અને ધન છેડા તરફ ઑક્સિજન (O_2) ભેગો થયો છે. હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનના કદનું પ્રમાણ ૨ : ૧ જેટલું થાય છે કારણ કે પાણી બે ભાગ હાઈડ્રોજન અને એક ભાગ ઑક્સિજનનું બનેલું છે. પાણીના અણુનું પૃથક્કરણ થવાથી હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એ જ પ્રમાણે ઘણુખરા ક્ષાર (chemical salt) નું પણ પૃથક્કરણ થઈ શકે છે. દાખલા તરીકે મીઠું એ સોડિયમ અને ક્લોરિન તત્ત્વોનું બનેલું છે. એટલે મીઠાંના દ્રાવણમાંથી વિદ્યુત પસાર કરતાં એ બન્ને તત્ત્વો છૂટાં પાડી શકાય છે.

૪. શારીરિક અસર (**Physiological Effect**). ૨૩૦ વૉલ્ટ જેટલાં દબાણથી આપણાં ઘરોમાં જે વિદ્યુતપ્રવાહ આપવામાં આવે છે, એવા ખુલ્લા તારને જો આપણે હાથ વડે અડકીએ તો એ પ્રવાહ આપણા શરીરદ્વારા જમીનમાં ઊતરી જાય છે અને એથી આપણને મોટો આંચકો (shock) લાગે છે. એ આંચકાથી શરીરના લોહીનાં બિંદુ નિષ્ક્રિય (inactive) બની જાય છે, અને જો લાંબો સમય એ પ્રવાહ પસાર થાય તો

પરિણામે મૃત્યુ પણ થાય છે. એ જ કારણથી વિદ્યુત તારને અલગ (insulate) કરવામાં આવે છે, એટલે કે તારની ફરતે રબર અને કાપડનું ખોળીન કરવામાં આવે છે. ખુલ્લો તાર હોય તો એને અડકવામાં જોખમ રહેલું છે.

૧૬. વિદ્યુતવાહક તારને અલગ (insulate) શા માટે કરવામાં આવે છે? કપડું, રેશમ, રબર વગેરે અવાહક વસ્તુ હોવાથી દરેક મકાનમાં વિદ્યુતવાહક તારો ઉપર હમેશાં કપડાં, રબર અથવા રેશમનાં ખોળીન રાખવામાં આવે છે. કોઈક સ્થળે તારને લાકડાની પટી ઉપર દરેક બાજુથી બંધ રાખવામાં આવે છે. એ જ પ્રમાણે રસ્તા ઉપર વિદ્યુત તારના દોરડાં સ્તંભ ઉપર થઈને પસાર થાય છે, ત્યાં પણ થાંભલા ઉપર જડેલા ચિનાઈ માટીના પ્યાલા ઉપર જ તે તારોને બાંધવામાં આવે છે. આનું કારણ એ છે કે ઘરમાં એ તારદ્વારા જે પ્રવાહ આવે છે તેનું વિદ્યુતદબાણ ઘણું મોટું હોય છે. એટલે જો તારનો ખુલ્લો ભાગ જો કોઈ વાહક વસ્તુને અડે તો તે દ્વારા વિદ્યુત જમીનમાં ઊતરી જાય અને નાહકનો વ્યય થાય. બીજું કારણ આગળ દર્શાવ્યું તે પ્રમાણે માણસના શરીરમાંથી મોટો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થઈને તેને આંચકો મ લાગે એટલા પુરતું હોય છે. ઘણી વાર બેકાળજીથી માણસ એક જીવતા તારને અડકે તો તેને સખત આંચકો લાગે છે અને કેટલીક વાર મૃત્યુ પણ નીપજે છે.

વિદ્યુતના ખુલ્લા તારને કોઈ વાર અડકવો પડે તો સૂકા લાકડાંના સ્ટૂલ ઉપર ઊભા રહીને અડકવો, પરંતુ આપણા શરીરને કોઈ પણ ભાગ આસપાસના કોઈ માણસને અથવા દીવાલને કે બીજા તારને ન અડકે તેની કાળજી રાખવી. કોઈ માણસ વિદ્યુતના તારની અડફટમાં આવી ગયો હોય તેને છૂટો કરવો હોય તો તારને લાકડી વડે અથવા સૂકાં કપડાં વડે પકડીને ખેંચી લેવો.

૧૭. વિદ્યુત અને ઉષ્ણતા. જો પાતળા વાહકમાંથી વિદ્યુત પસાર થાય તો તે વાહક ઉષ્ણ થાય છે. આ ઉપરથી આપણને લાગે છે કે શક્તિસંરક્ષણના સિદ્ધાંત (principle of conservation of energy) પ્રમાણે વિદ્યુતશક્તિનું ઉષ્ણતામાં રૂપાંતર થઈ શકે છે. એવું માલૂમ પડ્યું છે કે વિદ્યુત બળથી ઉત્પન્ન થતું કાર્ય અને તેટલા જ બળથી ઉત્પન્ન થતી ઉષ્ણતા એ બન્નેને સરખાવતાં જૂલનો કાર્યનો નિયમ પુરવાર થાય છે. એક તારમાંથી કેટલી ઉષ્ણતા બહાર પડે છે તે જૂલના નિયમ વડે શોધી શકાય છે.

જો H = ઉષ્ણતા
C = વિદ્યુત પ્રવાહ
R = અવરોધ
t = સમય સેકંડમાં
J = જૂલનો આંકડો હોય તો

(ઉષ્ણતા) × (જૂલનો આંકડો) = (વિદ્યુતપ્રવાહ)^2 × (પ્રતિરોધ) × (સમય)

$$H \times J = C^2 \times R \times t$$

અથવા, E = વિદ્યુતદબાણ હોય તો

ઉષ્ણતા × જૂલનો આંકડો = (વિદ્યુતદબાણ) × (વિદ્યુત પ્રવાહ) × (સમય)

$$H \times J = E \times C \times t$$

J નું મૂલ્ય (૪.૨×૧૦^૭) અર્ગ જેટલું છે, પરંતુ જો વિદ્યુત પ્રવાહને એમ્પિયરમાં, વિદ્યુતદબાણને વોલ્ટમાં અને અવરોધને ઓહમમાં માપીએ તો J ની જગ્યાએ માત્ર ૪.૨ નો આંકડો જ મૂકવો પડે છે, એટલે,

$$H \times 4{\cdot}2 = \left(\begin{matrix}\text{current}\\ \text{in amperes}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{voltage}\\ \text{in volts}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{time in}\\ \text{secs}\end{matrix}\right)$$

$$H \times 4{\cdot}2 = C \times E \times t$$

એટલે, Heat in calories $= H = \dfrac{\text{amperes} \times \text{volts} \times \text{time}}{4{\cdot}2}$

$$H = 0{\cdot}21 \times \text{amperes} \times \text{volts} \times \text{time}$$

૧૮. વિદ્યુતજ્યોત (Electric arc). આકૃતિ (૨૬૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બે કોલસાના (કાર્બન) સળિયા क ને લઈને એક વિદ્યુતદોરી (electric maine) ના બે છેડાને સ્ક્રૂ स સાથે જોડવામાં આવે છે. એ તારની દોરીમાં વચ્ચે થોડો પ્રતિરોધ (resistance) રાખવામાં આવે છે. હવે બન્ને છેડાને તેના લાકડાંના હાથા ह વડે પકડીને નજીક લાવવામાં આવે, તો તેમાંથી મોટો વિદ્યુત પસાર

આકૃતિ ૨૬૬.

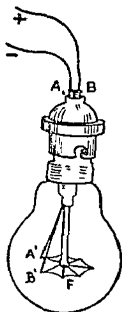


વિદ્યુતજ્યોત

થાય છે; કારણ કે કાર્બન (કોલસો) વિદ્યુતવાહક છે. એ બન્ને છેડાને જો હવે સહેજ છૂટા પાડીએ તો બન્નેની વચ્ચે વિદ્યુતની જ્યોત (arc) ઉત્પન્ન થાય છે અને લાંબો વખત સુધી એ જ્યોત ચાલુ રહે છે. એમાંથી બહુ જ ઉજ્જ્વલ પ્રકાશ નીકળે છે, એટલે જ્યાં ઘણો બનાવટી પ્રકાશ જોઈતો હોય, ત્યાં આ સાધનનો ઉપયોગ થાય છે. - વીજળીના પ્રકાશિત દીવા શોધાયા તે પહેલાં જાદુઈ ફાનસમાં આ જાતની વિદ્યુતજ્યોત અથવા કાર્બન (કોલસાની) જ્યોતનો ખૂબ ઉપયોગ થતો હતો. આ જ્યોત પ્રકાશિત બનાવવાનું કારણ હવામાંથી વિદ્યુત પસાર થાય તે છે. હવા સાધારણ રીતે વિદ્યુતરોધક છે, પરંતુ ઘણી ગરમ થાય તો તેમાંથી વધુ વિદ્યુત-પ્રવાહ પસાર થઈ શકે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય એટલે હવા પાછી વિશેષ ગરમ થાય છે અને પ્રકાશ આપે છે. એ કાર્બનના છેડાને જો ઘણે દૂર લઈ જઈએ, તો એ વિદ્યુતપ્રવાહ તૂટી જાય છે; કારણ કે હવામાંથી વધુ અંતરે પ્રવાહ પસાર થઈ શકતો નથી.

૧૮. વીજળીનો દીવો (Incandescent Lamp). આકૃતિ (૨૬૭) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કાચનો ગોળો લઈ તેમાંથી હવા કાઢી લઈ શૂન્યાવકાશ બનાવવામાં આવે છે. કેટલાક દીવામાં શૂન્યાવકાશ ન રાખતાં આર્ગન જેવા શિથિલ (inactive) વાયુ ભરવામાં આવે છે. એ દીવાની વચ્ચે એક કાચનો સળિયો રાખેલો હોય છે. એના ઉપર આધાર રાખી ઘણાં ઊંચા ગલનબિંદુ (melting point) વાળી ટંગસ્ટન ધાતુનો પાતળો તાર F આગળ બતાવ્યા મુજબ વીંટાળેલો હોય છે. એ તારના બે છેડા A' B' ગોળાની ઉપલી બાજુમાંથી બહાર લાવવામાં આવે અને દીવાને ઉપરના હોલ્ડર સાથે જોડવામાં આવે છે અને એ હોલ્ડરમાં B માંથી આવતો પ્રવાહ દીવામાં થઈને પાછો A માર્ગે બહાર નીકળે છે. કેટલાક દીવામાં તારનો એક છેડો ગોળાને મથાળે સ્ક્રૂ જેવું ધાતુનું પતરું લગાડેલું હોય તેની સાથે જોડવામાં આવે છે. વચ્ચેથી બીજો છેડો લાખ કે એવી વિદ્યુતરોધક વસ્તુ વડે પૂરીને અલગ (insulate) કરી ઉપર લાવવામાં આવે છે. દીવામાંનો તાર ઊંચાં ટેમ્પરેચરે ન પીગળે એવી ટંગસ્ટન ધાતુનો હોય છે. એ ધાતુના તારનો પ્રતિરોધ (resistance) ઘણો હોય છે, એટલે તે પુષ્કળ ગરમ થઈને પ્રકાશિત બને છે. હવા શોષી લેવાનું કારણ એ જ છે કે આટલી ઉષ્ણતાએ હવામાંનો ઓક્સિ

આકૃતિ ૨૬૭.



વીજળીનો દીવો.

તારને ધીમેધીમે બાળીને ક્ષય (oxidise) ન કરી નાંખે. આર્ગન જેવા શિથિલ વાયુને, દાખલ કરવાથી પણ તારની ઝિંદગી લાંબી થાય છે. આ દીવાને પ્રકાશ આપતો દીવો–તેજોદ્દીપક દીવો (incandescent lamp)–પણ કહેવામાં આવે છે.

૧૯. વિદ્યુત ચૂલા (**Electric Heaters**). વિદ્યુત ચૂલામાં નાઈક્રોમ નામના ધાતુના વાહક વાપરવામાં આવે છે. એ તાર પુષ્કળ ગરમી આપે છે. એ સિવાય ઇલેક્ટ્રિક ભઠ્ઠીમાં કાર્બોરેન્ડમ નામની રેતી અને કોલસાના મિશ્રણની એક બનાવટ ઉપયોગમાં લેવાય છે. એ ધાતુમાંથી વિદ્યુત પસાર થાય ત્યારે એનું ટેમ્પરેચર બહુ જ વધે છે અને તેથી ઘણીખરી ધાતુ પણ પિગળાવી શકાય છે.

૨૦. વિદ્યુત–પૃથક્કરણના નિયમો (**Laws of Electrolysis**). આગળ કહ્યું તેમ જો કોઈ પણ દ્રાવણમાં બે વિદ્યુતવાહક છેડાને દાખલ કરી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે તો દ્રાવણમાં રહેલા ક્ષારનું પૃથક્કરણ થઈ શકે છે. દ્રાવણમાં રહેલા ક્ષારનાં સંયોજન (compound)માં ધાતુવાળો ભાગ ધન ભાગ હોય છે, એટલે પ્રવાહ ચાલુ કરવાથી તે ધન (positive) છેડાથી દૂર જાય છે અને ઋણ (negative) છેડા વડે આકર્ષાય છે. એ જ પ્રમાણે સંયોજનનો બીજો ભાગ ઋણ હોવાથી ધન છેડા વડે આકર્ષાય છે.

વિદ્યુત–પૃથક્કરણ નીચેના નિયમો પ્રમાણે થાય છે:

(૧) પૃથક્કરણ થયેલાં દ્રવ્યનું વજન વિદ્યુતપ્રવાહ અને પ્રવાહ મોકલવાના સમયના પ્રમાણમાં જ વધઘટ થાય છે;

(૨) એક જ તત્ત્વના જુદાંજુદાં ક્ષારના દ્રાવણમાંથી એકસરખો વિદ્યુતપ્રવાહ એકસરખા સમય માટે પસાર કરીએ, તો દરેકમાં એકસરખાં વજનનું તત્ત્વ છૂટું પડે છે અને

(૩) એક એમ્પિયરનો વિદ્યુતપ્રવાહ એક સેકંડ માટે જુદાંજુદાં તત્ત્વોના ક્ષારના દ્રાવણમાંથી પસાર કરીએ તો દરેક તત્ત્વના જુદાંજુદાં વજન છૂટાં પડે છે; એ વજનને તે તત્ત્વનો વિદ્યુત–રસાયણ ભારાંક (electro-chemical equivalent) કહેવામાં આવે છે.

વિદ્યુતપ્રવાહ વધુ હોય તો પૃથક્કરણ થયેલાં તત્ત્વનું વજન વધુ થાય છે. જો વધુ સમય સુધી પ્રવાહ પસાર કરીએ તો વધુ તત્ત્વ પૃથક્કરણ થાય છે. દરેક વસ્તુ માટે આ વજન નિયત કરેલું છે, એટલે એક તત્ત્વનો વિદ્યુત–રસાયણ ભારાંક જાણતા હોઈએ તો અમુક વિદ્યુતપ્રવાહ અમુક સમય માટે પસાર કરવાથી કેટલું તત્ત્વ છૂટું પડે એ નીચેના સમીકરણ (equation) થી જાણી શકાય છે.

$$\begin{matrix}\text{તત્ત્વનું વજન} \\ \text{(ગ્રામમાં)}\end{matrix} = \begin{pmatrix}\text{તત્ત્વનો વિદ્યુત-} \\ \text{રસાયણભારાંક}\end{pmatrix} \times \begin{pmatrix}\text{વિદ્યુત પ્રવાહ} \\ \text{એમ્પિયરમાં}\end{pmatrix} \times \begin{pmatrix}\text{સમય} \\ \text{સેકંડમાં}\end{pmatrix}$$

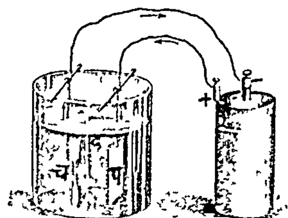
$$m = e \times c \times t$$

m = બહાર પડેલાં તત્ત્વનું વજન
e = તત્ત્વનો વિદ્યુત રસાયણભારાંક
(electro chemical equivalent)
c = વિદ્યુત પ્રવાહ એમ્પિયરમાં
t = સમય સેકંડમાં

૨૧. વિદ્યુતઢોળ (Electroplating). વિદ્યુત પૃથક્કરણ (electrolysis) નો ઉપયોગ હલકી ધાતુનાં વાસણ ઉપર એક સરખી રીતે કિંમતી ધાતુનો ઢોળ આપવામાં થાય છે. એ ઢોળ કેવી રીતે અપાય છે તે બાજુની આકૃતિ (૨૬૮) વડે સમજાવવામાં આવ્યું છે. ઘણા લોકો પિત્તળના ઘરેણા, હલકી ધાતુનાં વાસણો, ચમચા, છરી, કાંટા વગેરે વસ્તુને રૂપાનો અથવા સોનાનો ઢ

(ગીલિટ) આપે છે. રૂપાનો અને સોનાનો ઢાળ રાસાયણિક રીતે પણ આપી શકાય છે, પરંતુ વિદ્યુતપૃથક્કરણ વડે આપેલો ઢાળ એકસરખો થાય છે. એટલે એ જ પદ્ધતિનો ખૂબ ઉપયોગ થાય છે. આજકાલ ઘણી પિત્તળ, લોખંડ કે બીજી હલકી ધાતુની વસ્તુને ક્રોમિયમ નામની નહિ કટાય તેવી ધાતુનો ઢાળ આપવામાં આવે છે. આવાં સાધનો લાંબા વખત સુધી ચકચકિત રહે છે અને કટાતાં નથી. વિદ્યુતઢાળ (electroplating) નો મોટો ઉદ્યોગ આજકાલ ઘણાખરાં શહેરોમાં ચાલે છે. ફોનોગ્રાફની મીણની તાવી ઉપર પ્રથમ અવાજના આંદોલનો નોંધવાથી જે આલેખ તૈયાર થાય છે, તેના ઉપર ગ્રેફાઈટની ભૂકી પાથરીને પછીથી વિદ્યુતઢાળ આપવામાં આવે છે, તેથી એક ઊલટા આલેખવાળું ધાતુનું બીબું (stamper) તૈયાર થાય છે. એ એક બીબાં (stamper) વડે પાછળથી ગ્રામોફોનની ઘણી મીણની તાવીઓને છાપવામાં આવે છે અને તેમાં પાછો સૂલટો આલેખ પડે છે. આમ વિદ્યુતઢાળનો ઉપયોગ બહુ વિસ્તૃત હોય છે.

આકૃતિ ૨૬૮.



પિત્તળના ચમચા ઉપર રૂપાનો વિદ્યુતઢાળ ચઢાવવાનો પ્રયોગ:— આકૃતિ (૨૬૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચનું વાસણ લો. તેમાં સિલ્વર નાઈટ્રેટ ક્ષારનું સપૃક્ત દ્રાવણ રેડો. એક પિત્તળના ચમચા ચ ને ધાતુના

પાતળા તાર વડે બાંધીને દ્રાવણમાં ડૂબીને રહે તેમ લટકાવો. બીજા એક તાર વડે એક રૂપાની પ્લેટ વ ને પણ દ્રાવણમાં ડૂબે તેમ લટકાવો. ચમચો અને પ્લેટ એક બીજાને અડવાં ન જોઈએ. હવે પ્લેટના તારના છેડાને એક બૅટરીના ધન (+) છેડા સાથે જોડો અને ચમચાને ઋણ (–) છેડા સાથે જોડો. બૅટરીમાંથી ઘણો મોટો વિદ્યુતપ્રવાહ (આશરે ત્રણચાર ઍમ્પિયરથી વધુ) મળવો જોઈએ. હવે વિદ્યુત પ્રવાહને ચાલુ કરો. અને અંદરનાં દ્રાવણને થોડેથોડે વારે હલાવતા રહો. એકાદ કલાકમાં ચમચા ઉપર રૂપાનો ઢોળ ચઢેલો માલૂમ પડશે.

આમાં નીચે મુજબ ક્રિયા થાય છે. દ્રાવણમાંના સિલ્વર નાઈટ્રેટમાંથી સિલ્વર (રૂપા) ના ધનભારવાહી અણુઓ છૂટા પડે છે તે ઋણભારવાળા ચમચા તરફ આકર્ષાય છે, અને ત્યાં તેમનો ભાર આપી દઈને ચમચા ઉપર જ બાઝે છે. નાઈટ્રેટનો ઋણભારવાહી ભાગ વ તરફ આકર્ષાઈને (ભાર દૂર થતાં) ત્યાંની પ્લેટની ઉપર રાસાયણિક ક્રિયા કરીને તેને ક્ષીણ કરે છે. આ પ્રમાણે પ્લેટમાંથી રૂપું દ્રાવણમાં જાય તે અને દ્રાવણમાં રૂપું ચમચા ઉપર બાઝે છે. રૂપાના ક્ષારની જગાએ અને પ્લેટની જગાએ સોનાનો ક્ષાર અને પ્લેટ રાખીએ તો સોનાનો ઢોળ ચમચા ઉપર ચઢશે.

સાર

૧. ગંધકના મંદ તેજાબનાં દ્રાવણમાં એક તાંબાની અને બીજી જસતની તકતી મૂકી તેને બહારથી એક તાર વડે જોડો તો તેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. સ્થિર વિદ્યુત ગતિમાં આવે તેને વિદ્યુતપ્રવાહ કહેવામાં આવે છે. તાંબાની ધાતુ ઉપર રાસાયણિક ક્રિયા વડે ધનભાર પેદા થાય છે અને જસતના છેડા ઉપર ઋણભાર પેદા થાય છે અને તેથી વિદ્યુતપ્રવાહ ભારે વિદ્યુતદબાણવાળા છેડા (ધન છેડા) થી ઋણ છેડા તરફ જાય છે. રાસાયણિક ક્રિયાથી બન્ને તકતી ઉપર નવો ભાર ચાલુ પેદા થયા કરે છે. ડૅનિયલ કોષ, લૅકલાન્શી કોષ, બુન્સેન કોષ, નિર્દ્રવ કોષ અને સંગ્રાહક કોષ વડે આ પ્રમાણે પ્રવાહ મેળવી શકાય છે.

૨. *વિદ્યુતપ્રવાહ જે તારમાંથી પસાર થાય છે તે તારની ફરતે ચુંબક-*બળ પેદા થાય છે અને તેથી તારની નજીક એક લોહચુંબક સોયને લઈ

જઈએ તો તેનું કોણાવર્તન થાય છે. જમણા હાથ વડે તારને પકડીએ અને જો અંગૂઠો પ્રવાહની દિશા બતાવે તો આંગળાં ચુંબકબળની દિશા દર્શાવે છે.

૩. લોહચુંબકની સોય વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય તે તારથી કોણાવર્તન થાય છે, તે ઘટનાનો ઉપયોગ પ્રવાહદર્શક બનાવવામાં થાય છે. પ્રવાહદર્શકમાં લોહચુંબક સોયની ફરતે ઉત્તરદક્ષિણ રહે તેવું તારનું ગૂંછળું રાખેલું હોય છે. એ ગૂંછળાંમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય તો મધ્યે લટકાવેલી ચુંબક સોય પૂર્વ તરફ અથવા પશ્ચિમ તરફ વળે છે. પ્રવાહ મોટો હોય તો વર્તન (deflection) પણ મોટું થાય. એજ પ્રકારના સારાં સાધનને ગેલ્વેનોમિટર કહેવામાં આવે છે. ગૅલ્વેનોમિટરના તારનાં ગૂંછળાની મધ્યે એક ગોળ ખૂણા દર્શાવતું ચક્ર હોય છે અને તેના ઉપર ચુંબક સોય લટકાવવામાં આવે છે. ઍમિટર પણ વિદ્યુતપ્રવાહનું ઍમ્પિયરમાં માપ કાઢે છે. એની અંદર લોહચુંબકના ધ્રુવની વચ્ચે એક તારનું ગૂંછળું રાખેલું હોય છે. એ ગૂંછળામાંથી પ્રવાહ પસાર થાય એટલે તે ગૂંછળું કોણાવર્ત થાય છે અને એક દર્શક વડે પ્રવાહનું માપ ઍમ્પિયરમાં નીકળે છે. વૉલ્ટમિટરની રચના ઍમ્પિયરના તેવી જ છે, પરંતુ એનો પ્રતિરોધ ઘણો હોવાથી એમાંથી બહુ સૂક્ષ્મ પ્રવાહ પસાર થાય છે. વૉલ્ટમિટર વડે વિદ્યુતદબાણ વૉલ્ટમાં આપવામાં આવે છે.

૪. દરેક વાહક પ્રવાહને વત્તોઓછો અવરોધ આપે છે. એને પ્રતિરોધ (resistance) કહેવામાં આવે છે-

વિદ્યુતદબાણ = વિદ્યુતપ્રવાહ × પ્રતિરોધ; ($E = C \times R$)

વસ્તુનો પ્રતિરોધ લંબાઈના પ્રમાણસર હોય છે, અને તારની જાડાઈથી ઊલટા પ્રમાણમાં હોય છે.

૫. વિદ્યુતની મુખ્ય અસરો નીચે મુજબ છે. (૧) ચુંબક અસર; પ્રવાહની સાથે હંમેશાં ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે; (૨) ઉષ્ણતા અસર :— વાહકમાં પ્રવાહ પસાર થવાથી તેમાં ઉષ્ણતા પેદા થાય છે; (૩) રાસાયણિક અસર :—દ્રાવણમાંથી પ્રવાહ પસાર કરવાથી તેમાંના સંયોજનનું વિદ્યુત-પૃથક્કરણ થાય છે; અને (૪) શારિરિક અસર :—જીવંત વસ્તુ અથવા પ્રાણીના અંગમાંથી પ્રવાહ પસાર કરવાથી આંચકો લાગે છે, અને ઘણી વાર મૃત્યુ પણ નીપજે છે.

૬. વિદ્યુત વડે પેદા થયેલી

$$\text{ઉષ્ણતા} = \frac{(\text{વિદ્યુત પ્રવાહ})^2 \times (\text{પ્રતિરોધ}) \times (\text{સમય})}{\text{જૂલનો આંકડો}}$$

એટલે,

કૅલૉરીમાં ઉષ્ણતા = ૦.૨૪ × (વૉલ્ટેજ) × (ઍમ્પિયર) × (સેકંડ).

૭. કાર્બન સળિયાને જોડીને પ્રવાહ પ્રસાર કરી છૂટા પાડવામાં આવે તો તે બેની વચ્ચે પ્રકાશિત વિદ્યુત જ્યોત પેદા થાય છે. વિદ્યુત દીવામાંથી હવા કાઢી લઈ ઘણા ટેમ્પરેચરે ન પીગળે તેવી ધાતુનો ઝટ ગરમ થાય તેવો તાર રાખવામાં આવે છે. વિદ્યુત ચૂલા અને અસ્ત્રી વગેરેના કાર્યનો આધાર પ્રવાહ વડે ઉત્પન્ન થતી ઉષ્ણતા ઉપર રહે છે.

૮. વિદ્યુત પૃથક્કરણ થવાથી છૂટાં પડેલાં દ્રવ્યનું ગ્રામમાં વજન

$$= \left(\begin{matrix}\text{વિદ્યુત રાસાયણ}\\ \text{ભારાંક}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{વિદ્યુત પ્રવાહ}\\ \text{ઍમ્પિયરમાં}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{સમય}\\ \text{સેકંડમાં}\end{matrix}\right)$$

જે વસ્તુ ઉપર ઢોળ ચઢાવવો હોય તેને ઋણ છેડા સાથે જોડીને તે તત્ત્વનાં દ્રાવણમાં રાખવામાં આવે છે, અને બીજો છેડો ઢોળ ચઢાવવા માટે વપરાતાં દ્રવ્યની તકતી સાથે જોડેલો હોય છે.

પ્રશ્નો

(૧) વિદ્યુતચાલકબળ એટલે શું ? વિદ્યુતપ્રવાહ, વિદ્યુતચાલકબળ અને પ્રતિરોધનો સંબંધ બતાવો.
(૨) ઓહમનો કાયદો લખો. પ્રતિરોધનો આધાર શેના ઉપર હોય છે ?
(૩) નીચેના કોષની ટૂંક નોંધ લખો—સાદો વિદ્યુત કોષ, ડેનિયલ કોષ, લેકલાન્શે કોષ, બુન્શેન કોષ, નિર્દ્રવ કોષ અને સંગ્રાહક કોષ.
(૪) વિદ્યુતપ્રવાહની મુખ્ય અસરો દાખલા આપી સમજાવો.
(૫) વિદ્યુતપ્રવાહદર્શક (galvanoscope) ની રચના સમજાવો.
(૬) વિદ્યુતજ્યોત, વીજળીના દીવા, ઍમિટર અને વૉલ્ટમિટરની રચના.
(૭) વિદ્યુત પૃથક્કરણ અને તેના નિયમ વિષે ટૂંક નોંધ લખો. વિદ્યુત ઢોળ કેમ ચઢાવવો.

પ્રકરણ ૨૫

વિદ્યુતચુંબકત્વ (Electro-magnetism)

૧. વિદ્યુતચુંબકના ધ્રુવો (Poles of an Electromagnet). આકૃતિ (૨૬૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક તારનું નળાકાર ગૂંછળું (coil) થઈએ અને તેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરીએ તો એ તારની ફરતે ચુંબકરેખાઓ ઉત્પન્ન થાય છે અને એ આખા ગૂંછળામાંથી ધરીની દિશામાં પસાર થાય છે; એટલે એ ગૂંછળું એક વિદ્યુતચુંબક તરીકે કાર્ય કરે છે. જમણા હાથ વડે એ ગૂંછળાને આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પકડીએ એને જો આંગળાં વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા બતાવે તો અંગૂઠો ઉત્તર ધ્રુવની દિશા બતાવે છે.

આકૃતિ ૨૬૯.



આકૃતિ ૨૭.



પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૭૦) માં બતાવ્યા પ્રમાણે નળાકાર ગૂંછળામાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરો. તેને એક લોહચુંબક સોયની નજીક લઈ જાઓ તેના વડે થતાં આકર્ષણ અને અપાકર્ષણ જોઈ ગૂછળાના ધ્રુવની દિશાની ખાતરી કરો.

(૨):—આકૃતિ (૨૭૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બૂચ ઘ ના ટુકડા ઉપર એક વર્તુલાકાર તાર ગોઠવી એ તારના બન્ને છેડાને બૂચમાથી પસાર કરી નીચે તાંબાની નાની પ્લેટ ત સાથે જોડો, અને બીજાને જસતની પ્લેટ ય સાથે જોડો. સલ્ફ્યુરિક એસિડના દ્રાવણમાં એ બૂચને તરતો મૂકો રાસાયણિક ક્રિયાથી વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થઈ એ તારના વર્તુલમાંથી પસાર થાય છે

આકૃતિ ૨૭૧.



તેની ખાતરી કરો. એ તારના વર્તુલની ફરતે ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી ચુમ્બકરેષા એક બાજુ દાખલ થઈને બીજી બાજુ બહાર આવે છે. જમણા હાથ વડે અંગૂઠાને પ્રવાહની દિશામાં રાખી તારને પકડો અને આંગળી વડે ચુંબકરેષા કયી દિશામાં પસાર થાય છે તેની ખાતરી કરો. વર્તુલની કયી બાજુ દક્ષિણ ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે?

વર્તુલની ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવવાળી બાજુની ખાતરી કરવા એની પાસે એક ગજિયા લોહચુંબકનો એક છેડો ઉઈ જાઓ.

ઉપરના બે પ્રયોગ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે જે તારના ગૂંછળામાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે, તે લોહચુંબકની પેઠે વર્તે છે. પ્રયોગ (૨) માં વર્તુલ એક લોહચુંબકની થાળી હોય એમ વર્તે છે. એની એક બાજુ ઉત્તર ધ્રુવ તરીકે અને બીજી બાજુ દક્ષિણ ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે.

પ્રયોગ (૧) માં બતાવેલાં તારનાં ગૂંછળાની અંદર જો લોખંડનો સળિયો રાખીએ તો તેમાં વધુ પ્રમાણમાં ચુંબકબળ પેદા થશે. આકૃતિ (૨૨૧) માં બતાવ્યા મુજબ લોખંડના સળિયાની ફરતે એકજ દિશામાં વિદ્યુતવાહક અને અલગ કરેલો (insulated) તાર વીંટવામાં આવે તો એ વિદ્યુતચુંબક તરીકે કામ કરે છે. જ્યાં સુધી તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે ત્યાં સુધી એ લોખંડના સળિયામાં ચુંબકત્વ રહે છે.

સામાન્ય રીતે વિદ્યુતચુંબક તૈયાર કરવા માટે ભરતર લોખંડ

(soft iron) નો સળિયો જ વાપરવામાં આવે છે અને પોલાદનો સળિયો નથી વપરાતો. આના કારણો નીચે મુજબ છે.

૧. ભરતર લોખંડમાં પોલાદના કરતાં પ્રમાણમાં વધુ ચુંબકત્વ પેદા થઈ શકે છે.

૨. ફરતેના તારમાં પ્રવાહ અટકાવવામાં આવે તો, ઘડતર લોખંડના સળિયામાંથી બધું ચુંબકત્વ જતું રહે છે, પરંતુ પોલાદનો સળિયો હોય તેમાં બધું ચુંબકત્વ નષ્ટ થતું નથી.

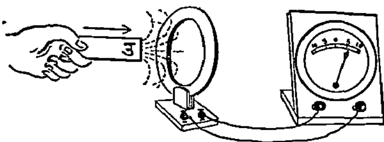
૩. વિદ્યુતચુંબકનો ઉપયોગ ક્ષણિક ચુંબક (temporary magnet) તરીકે જ થાય છે. પોલાદમાં કાયમી ચુંબકત્વ આવતું હોવાથી તેનો ઉપયોગ વિદ્યુતચુંબકમાં થઈ શકતો નથી.

ઉપર દર્શાવેલાં કારણોને લીધે હંમેશાં વિદ્યુતચુંબકમાં ભરતર લોખંડ (soft iron) નો જ ઉપયોગ થાય છે અને પોલાદ (steel) વપરાતું નથી. ભરતર લોખંડના સળિયામાં જ્યાં સુધી ફરતેથી પ્રવાહ ચાલુ હોય ત્યાં સુધી જ ચુંબકત્વ રહે છે.

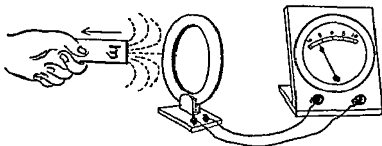
૨. વિદ્યુતપ્રવાહનું ઉપપાદન (Induced Current). પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૭૨)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક ગેલ્વેનોમિટરને એક તારના ગૂંછળા સાથે જોડો. હવે એ ગૂંછળાની અંદર આકૃતિ (૨૭૨–અ) માં બતાવ્યા મુજબ એક લોહચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ ઝડપથી લાવો. એ દરમિયાન ગેલ્વેનોમિટરની સોય વિદ્યુતપ્રવાહ દર્શાવે છે. લોહચુંબકને ગૂંછળાની અંદર સ્થિર રાખો. ગેલ્વેનોમિટરની સોય વિદ્યુતપ્રવાહ દર્શાવતી નથી.

હવે આકૃતિ (૨૭૨–બ) માં બતાવ્યા મુજબ એ જ લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવને ગૂંછળાંમાંથી ઝડપથી બહાર કાઢી દૂર લઈ જાઓ. ગેલ્વેનોમિટરની સોય ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ દર્શાવે છે, પરંતુ એ પ્રવાહ ઊલટી દિશાનો છે.

આકૃતિ ૨૭૨–અ.

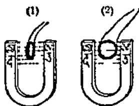


આકૃતિ ૨૭૨–બ.



એ જ પ્રમાણે લોહચુંબકના દક્ષિણ ધ્રુવને તારના ગૂંછળાની એકાએક નજીક લાવી અને એકાએક દૂર લઈ જઈ ફરીથી ગેલ્વેનોમિટર વડે વિદ્યુત-પ્રવાહ કેટલી વાર સુધી ઉત્પન્ન થાય છે તેની તથા તે કયી દિશામાં ઉત્પન્ન થાય છે તેની ખાતરી કરો.

આકૃતિ ૨૭૩.

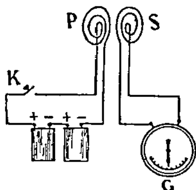


લોહચુંબકને ગૂંછળામાં વત્તીઓછી ઝડપે લઈ જાઓ અને ગેલ્વેનોમિટરમાં પ્રવાહની વધઘટ કેટલી થાય તે નોંધો.

(૨):—આકૃતિ (૨૭૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક ઘોડાનાળ (horse–shoe) લોહચુંબકની વચ્ચે એક વિદ્યુત તારનું ગૂંછળું લટકાવો. એ ગૂંછળાના બન્ને છેડાને એક

ગેલ્વેનોમિટર સાથે જોડો. હવે ગૂંછળાને ઝડપથી એક દિશામાં કાટખૂણે ફેરવો. ગેલ્વેનોમિટરમાંથી કયી દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે તે નક્કી કરો. ગૂંછળાને ઊલટી દિશામાં કાટખૂણે ફેરવો અને વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા નક્કી કરો. આકૃતિ (૨૭૩ '૨') માં બતાવેલી સ્થિતિથી ગૂંછળાને ફરી બન્ને દિશામાં કાટખૂણે ફેરવો અને ફરીથી વિદ્યુતપ્રવાહની દિશાની ખાતરી કરો.

આકૃતિ ૨૭૪.



(૩):—આકૃતિ (૨૭૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બે તારનાં ગૂંછળાં P અને S લો. P ગૂંછળાના બે છેડાને એક વિદ્યુતકોષ સાથે જોડો અને વચ્ચે એક ચાંપ (switch) K રાખો. બીજા ગૂંછળાના બે છેડાને એક ગેલ્વેનોમિટર G સાથે જોડો. બન્ને ગૂંછળાને એકબીજાંની નજીક રાખો. હવે એકાએક ચાંપ K દબાવી ગૂંછળામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરો. ગેલ્વેનોમિટર G માં ક્ષણિક પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. એ પ્રવાહ કયી દિશામાં અને કેટલી વાર ચાલુ રહે છે તેની નોંધ કરો હવે ચાંપ K ને ખોલી P ગૂંછળામાંનો વિદ્યુતપ્રવાહ એકાએક બંધ કરો. વળી પાછો ગેલ્વેનોમિટરમાં કેટલી વાર અને કયી દિશામાં પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે તેની નોંધ કરો.

ઉપરના પ્રયોગ (૧) માંથી ખાતરી થાય છે એક તારના ગૂંછળામાં એકાએક લોહચુંબક દાખલ કરવામાં આવે, અથવા અંદરથી એકાએક દૂર કરવામાં આવે ત્યારે ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. આ પ્રવાહને ઉપપાદિત પ્રવાહ (induced current) કહેવામાં આવે છે.

આ પ્રવાહની ખાસિયત (peculiarity) એ છે કે જ્યાં સુધી લોહચુંબક નજીક આવે છે અથવા દૂર જાય છે, ત્યાં સુધી જ

વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ રહે છે. જેવો લોહચુંબક ખસતો બંધ થાય કે તરત વિદ્યુતપ્રવાહ અટકી જાય છે. આનો અર્થ એ થાય છે કે જ્યાં સુધી ગૂંછળામાંથી પસાર થતાં ચુંબકબળમાં ફેરફાર થયા કરે છે, ત્યાં સુધી જ ઉપપાદિત પ્રવાહ ચાલુ રહે છે. જેવો ચુંબકબળનો ફેરફાર થતો અટકી જાય કે તરત જ વિદ્યુતપ્રવાહ પણ બંધ થાય છે. લોહચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ ગૂંછળાની નજીક જાય છે, ત્યારે એક દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉપપાદિત થાય છે, અને જ્યારે તે ઉત્તર ધ્રુવ દૂર જાય છે ત્યારે ઊલટી દિશાનો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે.

જ્યારે એ ગૂંછળાની નજીક લોહચુંબકનો દક્ષિણ ધ્રુવ ઝડપથી લઈ જઈએ અથવા ઝડપથી દૂર કરીએ તો ઉત્તર ધ્રુવ વડે પેદા થતા પ્રવાહથી ઊલટી દિશાનો પ્રવાહ દર વખતે તે ગૂંછળાંમાંથી પસાર થશે.

લોહચુંબકને જેમ વધુ ઝડપથી ગૂંછળામાં દાખલ કરીએ અથવા વધુ ઝડપથી બહાર કાઢીએ તેમ ઉત્પન્ન થતો ક્ષણિક પ્રવાહ પણ વધુ મોટો હોય છે. આમ ગૂંછળામાંના ચુંબકબળમાં જે ઝડપે ફેરફાર થાય તે પ્રમાણમાં તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પેદા થાય છે.

પ્રયોગ (૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો એક તારના ગૂંછળા (coil)ને એક લોહચુંબકના બે ધ્રુવની વચ્ચે ગોળ ફેરવીએ તો એ ગૂંછળું પહેલી સ્થિતિમાંથી બીજીમાં આવે તે દરમિયાન એક દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. વળી એ સ્થિતિમાંથી ગૂંછળાંને આગળ ફેરવીએ તો પણ પાછો ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે, પરંતુ એ પ્રવાહ ઊલટી દિશામાં પસાર થાય છે. જો આ ગૂંછળાંને કોઈ રીતે ચક્રાકાર ફેરવ્યા કરીએ તો તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ ઉપપાદિત થયા કરે છે. અર્ધા ચક્ર માટે એક દિશામાં પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે અને બાકીનાં ચક્ર માટે

દિશામાં પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. આ ઘટનાનો ઉપયોગ ડાયનેમોમાં થાય છે.

પ્રયોગ (૨) માં બતાવ્યા મુજબ જો તારનાં બે ગૂંછળા પાસેપાસે રાખીએ અને તેમાં જો P ગૂંછળામાં વિદ્યુતપ્રવાહ શરુ કરીએ તો S ગૂંછળામાં પણ ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ ઉપપાદિત થાય છે. P માં વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ રહે તેથી S માં પ્રવાહ પેદા થતો નથી. જ્યારે P માં પ્રવાહ એકાએક તોડી નાખીએ ત્યારે પણ S માં ક્ષણિક પરંતુ ઊલટી દિશાનો પ્રવાહ પેદા થાય છે. માત્ર પ્રવાહ શરુ થાય અથવા બંધ થાય તે દરમિયાન જ S માં પ્રવાહ પેદા થાય છે. આનું કારણ P માં પેદા થતાં ચુંબકબળને લીધે S માં પણ ચુંબકબળનો ફેરફાર થાય તે છે. P માં પ્રવાહ ચાલુ રહે તે દરમિયાન S માં ચુંબકબળ હોય છે પરંતુ તેમાં ફેરફાર નથી થતો, એટલે તેમાં ઉપપાદિત પ્રવાહ ચાલુ રહેતો નથી. P ગૂંછળાને **મુખ્ય ગૂંછળું** (Primary Coil) અને S ગૂંછળાને **ગૌણ ગૂંછળું** (Secondary Coil) કહેવામાં આવે છે.

જ્યારે પ્રયોગ (૧) માં લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવને ગૂંછળાની નજીક લઈ જવામાં આવે, ત્યારે ગૂંછળામાં પેદા થતી ઉપપાદિત વિદ્યુત વડે ગૂંછળાની સામી બાજુ પણ ઉત્તર ધ્રુવ જેવી બને છે; અને લોહચુંબકને અપાકર્ષણ કરવાનો પ્રયત્ન કરે છે. પરંતુ જ્યારે એ જ લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવને ગૂંછળામાંથી દૂર કરવામાં આવે, ત્યારે ગુંછળાની સામેની બાજુ દક્ષિણ ધ્રુવ જેવી બને છે અને તેથી તે બહાર જતા ધ્રુવને આકર્ષવાનો પ્રયત્ન કરે છે. આથી એમ સમજાય છે કે ગૂંછળામાં પેદા થતો પ્રવાહ દરેક ચુંબકબળના ફેરફારનો વિરોધ કરે તેવી દિશામાં પેદા થાય છે.

(ઉપલા સર્વે પ્રયોગોમાં ગૌણ ગૂંછળામાં જે પ્રવાહ પેદા થાય તેનું કારણ તે ગૂંછળામાં ઉત્પન્ન થતાં ઉપપાદિત વિદ્યુત–દબાણ 'electromotive force' નું છે. આથી ગૌણ ગૂંછળામાં પસાર થતા પ્રવાહનું મૂલ્ય તેના પ્રતિરોધ 'resistance' અને આ ઉપપાદિત વિદ્યુત–દબાણ ઉપર આધાર રાખે છે.)

(૧) જો એક બંધ ગૂંછળામાં (coil) એકાએક ચુંબકબળ પેદા કરવામાં આવે, વધારવામાં આવે અથવા એકાએક ઓછું કરવામાં આવે, તો તેથી ગૂંછળામાં ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ ઉપપાદિત થાય છે.

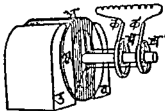
(૨) ગૂંછળામાં ચુંબકબળનો ફેરફાર જે ઝડપે થાય છે, તે પ્રમાણમાં ગૂંછળામાં વિદ્યુતચાલકબળ પેદા થાય છે, અને તેથી તે પ્રમાણમાંથી પ્રવાહ પસાર થાય છે.

(૩) ગૂંછળાની અંદર ઉપપાદિત થતો પ્રવાહ એવી દિશામાં ઉત્પન્ન થાય છે કે જેથી તે ગૂંછળાની અંદર ફેરફાર થતાં ચુંબકબળને અટકાવવાનો પ્રયત્ન કરે છે.

ઉપર દર્શાવેલી વિદ્યુત ઉપપાદન કરવાની રીતની શોધ ફેરેડે નામના મહાન શોધકે કરી હતી. એ શોધને લીધે આજે દુનિયામાં યાંત્રિકબળમાં મહાન વિપ્લવ થયો છે. ઈલેક્ટ્રિક ડાઈનેમો, ઈલેક્ટ્રિક મોટર, ટ્રન્સફોર્મર જેવાં અનેક વિદ્યુતસાધનો વડે જ દુનિયાનાં ઘણાંખરાં યંત્રો કાર્ય કરે છે.

૩. **ડાઇનેમો (Dynamo).** ઉપર દર્શાવેલા નિયમના આધારે ડાઇનેમો નામના યંત્ર વડે મોટા પ્રમાણમાં વિદ્યુત ઉત્પાદન કરી શકાય છે. આકૃતિ (૨૭૫–અ) માં એક ડાઇનેમાનો નમૂનો બતાવવામાં આવ્યો છે. એક લોહચુંબકના બે ધ્રુવની વચ્ચે

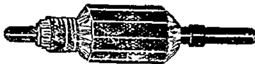
આકૃતિ ૨૭૫-અ.



ડાઈનેમેા

ફરે તેવા એક ભરતર લેાખંડના નળાકાર (cylinder) ઉપર તાર અ વીંટાળેલો હેાય છે. તેના બે છેડા નળાકારની ધરી સાથે જોડેલાં બે ચક્ર ચ અને ચ' સાથે જોડેલા છે. જે લેાખંડના નળાકાર ઉપર તાર વીંટાળેલા છે તેને આર્મેચર (armature) કહેવામાં આવે છે. એ આર્મેચર ગેાળ ફરવા લાગે એટલે તારનાં ગૂંછળામાં ઉપપાદિત વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. જેમ જોરથી આર્મેચરને ફેરવીએ, તેમ પ્રવાહનું દબાણ વધુ થાય છે દરેક આખું-ચક્ર પુરું થાય, તેટલામાં વિદ્યુતપ્રવાહ અર્ધા ચક્ર માટે એક દિશામાં અને બાકીનાં માટે ઊલટી દિશામાં પસાર થાય છે. આવી રીતે દિશા બદલતા પ્રવાહને ઊલટસૂલટ (alternating current, ટૂંકમાં, A. C.) પ્રવાહ કહેવામાં આવે છે.

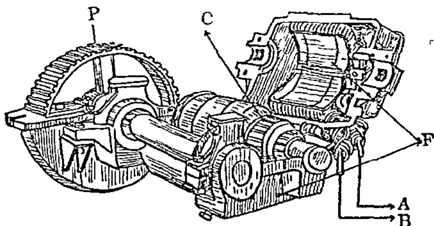
આકૃતિ ૨૭૫-બ.



ડાઈનેમાનું આર્મેચર (armature)

આ સાધનને નાનામેાટા પાયા ઉપર વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવાને વાપરવામાં આવે છે. આર્મેચરને એકાદ તેલયંત્ર કે પેટ્રોલયંત્ર વડે ગેાળ ફેરવવામાં આવે છે, એટલે યાંત્રિકશક્તિ (mechanical energy) નું વિદ્યુતશક્તિમાં રૂપાંતર કરવામાં આવે છે. કેટલીકવાર કેામ્યુટેટર (commutator) નામનું સાધન વાપરી એ ઊલટસૂલટ (alternating) પ્રવાહને એકમાર્ગી (direct current, ટૂંકમાં, D. C.) બનાવવામાં આવે છે. ડાઈનેમાને ખુલ્લેા કરી આકૃતિ (૨૭૫-ક) માં બતાવેલેા છે.

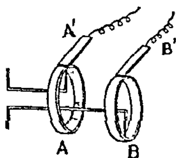
આકૃતિ ૨૭૫–ક.



ખુલ્લો કરેલો ડાઈનેમો

C = આર્મેચર; F = વિદ્યુતચુંબકો; A, B = ડાઈનેમોમાંથી નીકળતા બે તારના છેડા; P = ડાઈનેમોનાં આર્મેચરને ફેરવતું ચક્ર; એ ચક્ર તેલયંત્ર, વરાળયંત્ર અથવા જલયંત્ર વડે ફેરવવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૭૫–ડ.



આ આકૃતિમાં આર્મેચર સાથે એકજ ધરી ઉપર ફરતાં બે ચક્ર A અને B માંથી આવતો ઉલટસુલટ પ્રવાહ કેવી રીતે બહારના તારમાં લેવામાં આવે છે તે બતાવ્યું છે. A ચક્ર આર્મેચરના તારના એક છેડાને જોડેલું છે અને B બીજા છેડા સાથે જોડેલું છે. બહારના તારનો A' છેડો A ચક્રને અડીને રહે છે અને છેડો B ચક્રને અડીને રહે

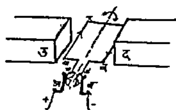
આમ ફરતા ચક્રો A અને B માથી આવતો ઉલટસુલટ પ્રવાહ (A C current) A', B' દ્વારા બહાર મળે છે

૪. વિદ્યુતમોટર (Electric Motor). વિદ્યુતમોટર એટલે વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલી ચક્રગતિ ઉત્પન્ન કરવાનું સાધન. એ મોટર વડે જ ટ્રામ, આગગાડી, વિદ્યુત વડે ચાલતાં યંત્રનાં પૈડાં, પંખા વગેરે અનેક સાધનોમાં ચક્રગતિ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

ડાઇનેમામાં યાંત્રિક શક્તિ (mechanical energy) વાપરી વિદ્યુતશક્તિ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ડાઈનેમાની અને મોટરની રચનામાં ખાસ ફેર નથી. ડાઈનેમામાં આર્મેચર યાન્ત્રિકબળ વડે ફેરવવાથી વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે, જ્યારે મોટરમાં એથી ઊલટુ વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલી આર્મેચરને ગોળ ફેરવી યાંત્રિકશક્તિ મેળવી શકાય છે.

આકૃતિ (૨૭૬) માં મોટરનો સિદ્ધાંત સમજાવતી એક રચના બતાવી છે. એક લોહચુંબકના ધ્રુવની વચ્ચે તૂટક લીટીની ધરી ઉપર ગોળ ફરે તેવો આર્મેચર રાખવામા આવે છે. સરળતા ખાતર આખા આર્મેચરને ન બતાવતાં માત્ર એક તારનું ગૂછળું (coil) ય વ ર બતાવેલું છે. એ તારના બે છેડાને ક ને ક' થી બતાવેલા અર્ધગોળો સાથે જોડેલા છે. એ અર્ધગોળો પણ આર્મેચરની સાથે ચક્રાકાર ફરે છે. એને અડીને બે વિદ્યુત છેડા અ ને બ રાખેલા છે. જ્યારે એ છેડા મારફતે વિદ્યુતપ્રવાહ ગૂંછળામાં મોકલવામા આવે છે, ત્યારે ગૂંછળામાં ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે અને આથી ગૂછળાની

આકૃતિ ૨૭૬



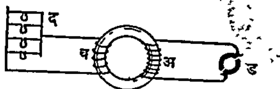
વિદ્યુતમોટર

એક બાજુ ઉત્તર ધ્રુવ બને છે અને બીજી દક્ષિણ ધ્રુવ બને છે. આથી ગૂંછળાની ઉત્તર બાજુ લેાહચુંબકના દક્ષિણ ધ્રુવ તરફ અને ગૂંછળાની દક્ષિણ બાજુ લેાહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ તરફ આકર્ષાય છે. હવે એ દરમિયાન क ને क' આગળ આવેલા અર્ધગેાળાનાં જોડાણ ઊલટાં થાય છે. પ્રથમ જે છેડામાંથી વિદ્યુત દાખલ થતી તેમાંથી હવે વિદ્યુત બહાર આવે છે, એટલે તારનાં ગૂંછળાની બન્ને બાજુનાં ચુંબક ધ્રુવેા પણ ઊલટા થઈ જાય છે, એટલે કે લેાહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવની નજીકની બાજુ ઉત્તર ધ્રુવવાળી બાજુ થઈ જાય છે. એ બન્નેની વચ્ચે હવે અપાકર્ષણ થાય છે; એટલે તારનું ગૂંછળું વળી ચક્રમાં ફરે છે. આમ આપેાઆપ વિદ્યુતપ્રવાહ ઊલટસૂલટ થવાથી આ તારનું ગૂંછળું અથવા આર્મેચર કાયમ ફરતું થઈ જાય છે. એ આર્મેચરની ધરી સાથે જે યત્રેા ફેરવવાં હેાય તેને જોડવામાં આવે છે વિદ્યુતપ્રવાહનાં મૂલ્યમાં અને દબાણમાં ફેરફાર કરવાથી ગતિ વત્તીઓછી થઈ શકે છે.

૫. ટ્રાન્સફૉર્મેર (Transformer). કેટલીકવાર વિદ્યુત-દબાણ ઘણું મેાટું હેાય તેા તેમાંથી ઓછાં દબાણવાળેા વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવેા પડે છે. દાખલા તરીકે, શહેરમાં વહેંચવામાં આવતેા વિદ્યુતપ્રવાહ ૪૬૦ વૉલ્ટથી લાઈનના તારેામાંથી વહે છે; પરંતુ ઘરમાં માત્ર ૨૩૦ વૉલ્ટના દબાણથી જ વિદ્યુત આપવામાં આવે છે; એટલે કેાઈ રીતે એ દબાણ ઓછું કરવું પડે છે. દબાણ ઓછું કરવામાં વિદ્યુત ઉપપાદનનેા સિદ્ધાંત ઉપયેાગમાં લેવાય છે. આકૃતિ (૨૭૭) માં એક વીંટીના જેવું લેાખંડનું ચક્ર अ ब બતાવેલું છે. તેની ઉપર अ અને ब આગળ વિદ્યુતતારેા વીંટેલા છે. વધારે આમળા (turn) વાળા તાર अ માંથી થઈને ૪૬૦ વૉલ્ટનાં દબાણથી ઊલટસુલટ (alternating) વિદ્યુતપ્રવાહ

કરવામાં આવે છે. આથી લોખંડની વીંટીમાં પણ ઉલટસુલટ ચુંબકત્વ પેદા થાય છે. વીંટી આકારનાં લોખંડમાં अ માંના પ્રવાહ વડે ઉત્પન્ન થયેલી ચુંબકરેષા બીજા તાર व ના આમળાનાં મધ્ય-

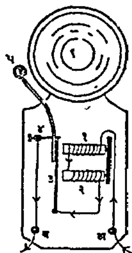
આકૃતિ ૨૭૭.



માંથી પસાર થાય છે, તેથી બીજા તાર व માં ઉપપાદિત વિદ્યુત પ્રવાહ ઉત્પન્ન કરે છે. આથી ઓછા આમળાવાળા તાર व માં પણ ઊલટસુલટ વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. હવે જેમાંથી વિદ્યુત-પ્રવાહ દાખલ થાય તે આમળાની સંખ્યા બીજા કરતાં બમણી હોય, તો બીજામાં ઉપપાદિત વિદ્યુતનું દબાણ પણ અર્ધું થઈ જશે. આ રીતે ૪૬૦ વૉલ્ટનાં દબાણથી अ માં આવતી વિદ્યુતને व આગળ ૨૩૦ વૉલ્ટની કરવામાં આવે છે અને તે વડે અનેક દીવા द સળગાવવામાં આવે છે. આ સાધનને ટ્રાન્સફૉર્મર કહેવામાં આવે છે. જો व માં अ કરતાં વધુ આમળા હોય તો આ સાધન વડે વિદ્યુત દબાણ પણ વધારી શકાય છે. જે ટ્રાન્સફૉર્મરમાંથી વધુ દબાણે આવતો પ્રવાહ ઓછાં દબાણવાળો થાય તેને સ્ટેપ–ડાઉન (step-down) ટ્રાન્સફૉર્મર કહેવામાં આવે છે અને જેના વડે ઓછાં દબાણમાંથી વધુ થાય તેને સ્ટેપ–અપ (step-up) ટ્રાન્સફૉર્મર કહેવામાં આવે છે.

૬. વિદ્યુતઘંટડી (Electric bell). વિદ્યુતચુંબકનો ઉપયોગ ઘંટડી વગાડવામાં થાય છે. આકૃતિ (૨૭૮)માં એક વિદ્યુતઘંટડી

આકૃતિ ૨૭૮.



વિદ્યુતઘંટડી

બતાવવામાં આવી છે. એક કોષ અથવા બૅટરીમાંથી તીરથી બતાવેલી દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ આવે છે અને ઘંટડીના અ છેડામાં દાખલ થાય છે. ત્યાંથી એ પ્રવાહ ઘોડા—નાળ જેવા એક વિદ્યુતચુંબક (૧, ૨) (electromagnet) ની ફરતેથી પસાર થાય છે. વિદ્યુતચુંબકના છેડાની સમાંતર સહેજ અંતરે લોખંડની પટી (૩) રાખેલી છે. એ પટીમાં પ્રવાહ દાખલ થાય છે. એ પટીની સાથે હથોડી (૫) જડેલી છે અને તે પ્રવાહ શરુ થાય ત્યારે ઘંટડી (૬) ઉપર અથડાય છે. પટી (૩) માંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પટીને અડીને રાખેલા એક સ્ક્રૂ (૪) દાખલ થાય છે અને ત્યાંથી બ મારફતે પાછો કોષમાં જાય છે, અને આમ વિદ્યુતનો માર્ગ (circuit) પૂર્ણ થાય છે.

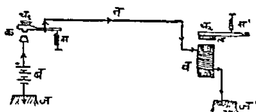
જ્યારે ચાંપ દબાવી વિદ્યુતપ્રવાહ શરુ કરવામાં આવે છે, ત્યારે ભરતર લોખંડના સળિયામાં ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય છે. આથી એ વિદ્યુતચુંબક (૧, ૨) બાજુમાં રાખેલી પટી (૩) ને આકર્ષે છે. આ આકર્ષણથી હથોડી (૫) ઘંટડી (૬) ઉપર અથડાઈને અવાજ ઉત્પન્ન કરે છે; પરંતુ લોખંડની પટી (૩) ચુંબક તરફ આકર્ષવાથી સ્ક્રૂ (૪) આગળનો વિદ્યુતસબંધ તૂટી જાય છે. વિદ્યુતસંબંધ તુટ્યો એટલે વિદ્યુતચુંબકનું ચુંબકત્વ (magnetism) જતું રહે છે, અને લોખંડની પટી સ્થિતિસ્થાપક હોવાથી પોતાના અસલને સ્થળે પાછી આવે છે. જેવી પટી પાછી આવે કે સ્ક્રૂ (૪) આગળ વિદ્યુતસંબંધ જોડાય છે, અને પાછો પ્રવાહ

થાય છે. આમ થવાથી વળી પાછી પટી વિદ્યુતચુંબક વડે આકર્ષાય છે. જ્યાં સુધી ચાંપ દાબેલી રાખીએ, ત્યાં સુધી વિદ્યુતઘંટડીમાં પ્રવાહની સાંધતૂટ (make and break) થયા કરે છે, અને હથોડી નિયમિત રીતે ઘંટડી ઉપર પ્રહાર કર્યા કરે છે.

શરુઆતમાં બતાવ્યા મુજબ વિદ્યુતચુંબકની મધ્યમાં લોખંડનો ઘોડાનાળ સળિયો રાખવામાં આવ્યો છે, તે ભરતર લોખંડનો (soft iron) જ હોય છે.

૭. ટેલિગ્રાફ (Telegraph). આકૃતિ (૨૭૯) માં ટેલિગ્રાફની સાદી રચના બતાવેલી છે. એમાં પણ વિદ્યુતચુંબકનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. त વડે એક શહેરમાંથી બીજા શહેરમાં જતાં ટેલિગ્રાફના તારનાં દોરડાં દર્શાવવામાં આવ્યાં છે. व આગળ ઘણા કોષો (બૅટરી) રાખી એક તેનો છેડો જમીનમાં દાટવામાં આવ્યો છે. બીજો છેડો क આગળ સંધાણ કરી એક ચાવી च, સાથે જોડાય એમ રાખેલો છે. એ ચાવીને स સ્પ્રીંગ વડે क આગળ વિદ્યુત જોડાણ કાયમ ન રહે તેટલા માટે ઊચકી રાખેલી હોય છે. એમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ त વાટે બીજા શહેરમાં રાખેલા એક વિદ્યુતચુંબક व ની ફરતે પસાર થાય છે, અને ત્યાંથી એ છેડો જમીનમાં ઉતારવામાં આવેલો છે. જે વિદ્યુતપ્રવાહ त માર્ગે મોકલવામાં આવે તે જમીન ज'ज માર્ગે પાછો કોષો (બૅટરી) માં આવે છે અને એમ વિદ્યુતમાર્ગ (electric circuit) પૂર્ણ થાય છે. જમીન ઘણી જ વિદ્યુતવાહક

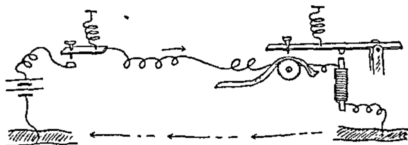
આકૃતિ ૨૭૯.



હોવાથી ત ના જેવા પાછા આવતા તાર (return wire) ની ગરજ સારે છે. જો જમીનમાંથી પ્રવાહ પસાર ન થતો હોત તો ત ના જેવો પાછો આવતો બીજો એક લાંબો તાર રાખી વધુ ખર્ચ કરવો પડતે. પરંતુ આવી રીતે તારને બન્ને જગ્યાએ જમીનમાં દાટવાથી પાછા આવતા તાર (return wire) તરીકે જમીનનો ઉપયોગ થાય છે.

જ્યારે ચાવી ચ૧ દબાવી વિદ્યુતપ્રવાહ સાંધવામાં આવે છે ત્યારે વ ની ફરતે એ પ્રવાહ પસાર થવાથી એ વિદ્યુતચુંબક બને છે અને તેથી ચ૨ ચાવી (નીચે જોડેલી લોખંડની પટી લ ને લીધે) નીચે આકર્ષાય છે. ચ૧ ચાવી જ્યાં સુધી દબાવી રાખીએ ત્યાં સુધી ચ૨ નીચે આકર્ષાઈ રહે છે. જેવી ચ૧ ને છોડી પ્રવાહ ક આગળ તોડવામાં આવે તેવી ચ૨ ચાવી સ્પ્રીંગ સ' વડે ઊંચે ચાલી જાય છે. આમ લાંબા અથવા ટૂંકા સમય માટે ચાવી ચ૧ ને દબાવવાથી ડૅશ (—)અથવા ડૉટ (·) જેવી સંજ્ઞા (sign) વડે સંદેશા મોકલી શકાય છે.

આકૃતિ ૨૮૦.



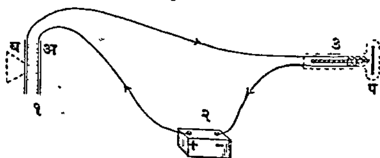
આકૃતિ (૨૮૦) માં આલેખ્યા પ્રમાણે ડૉટ (·) અને ડૅશ (—)ની સંજ્ઞા એક સરતા કાગળ ઉપર નોંધી શકાય તેવી રચના કરવામાં

આવેલી છે. કાગળ ઉપર વત્તાઓછા સમય માટે ડાબી બાજુની આવી પડે છે અને તેથી તેની શાહીમાં ભીંજવેલી અણી વડે નિશાની થાય છે. વિદ્યુતપ્રવાહનો માર્ગ તીર વડે બતાવેલો છે.

૮. ટેલિફોન (Telephone). ટેલિફોનની સાદી રચના આકૃતિ (૨૮૧)માં બતાવી છે. ટેલિફોનમાં જે ભૂંગળામાંથી બોલીએ તે મુખનળીને (૧) આગળ બતાવી છે. જે ભૂંગળાં વડે સાંભળીએ છીએ તે કાનનળી (૩) આગળ બતાવી છે. એ બન્નેને જોડતા તારોને (૨) આગળ બતાવેલા વિદ્યુતકોષને જોડવામાં આવે છે.

મુખનળી (૧)માં अ અને व બે લોખંડની તકતીઓ (પ્લેટો) છે. व આગળનાં ભૂંગળામાં બોલવામાં આવે તેથી व પ્લેટ માં ધ્રુજારી ઉત્પન્ન થાય છે. આથી व પટી આગળપાછળ જઈ अ-ની નજીક આવે છે અથવા દૂર જાય છે. अ અને व ની વચ્ચેનો વિદ્યુતપ્રવાહ ટપકાંથી બતાવેલો કોલસાના બારીક રજકણોમાંથી પસાર થાય છે. જ્યારે अ અને व પ્લેટની વચ્ચેનું અંતર ઓછું

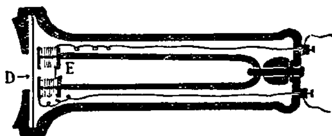
આકૃતિ ૨૮૧.



(૧) મુખનળી (mouth piece) (૨) બેટરી:
(૩) કાનનળી (ear piece).

થાય, ત્યારે એ રજકણો સંકોચાય છે અને તેથી એમાંથી વધુ પ્રમાણનો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. જ્યારે વ દૂર જાય છે, ત્યારે એ રજકણો વિસ્તૃત થાય છે અને તેથી પ્રમાણમાં ઓછો પ્રવાહ પસાર થાય છે. આ રીતે અવાજનાં આંદોલનો વડે વ ની ધ્રુજારી ઉત્પન્ન થાય છે અને તે ધ્રુજારીથી અ અને વ વચ્ચેના કોલસાનાં રજકણો નજીક આવે છે અને દૂર જાય છે. આથી વિદ્યુતપ્રવાહમાં પણ વધઘટ થાય છે. કાનનળી (૩) માં રાખેલા લોખંડના સળિયાની ફરતે વિદ્યુત તાર વીંટાળેલો છે. વિદ્યુતપ્રવાહ વધઘટ થાય એટલે સળિયામાં વત્તુંઓછું ચુંબકત્વ આવે છે. એને લીધે એ સળિયાની નજીક રાખેલી લોખંડની પટી (plate) પ વત્તીઓછી આકર્ષાઇ આંદોલિત થાય છે.

આકૃતિ ૨૮૧-અ.



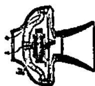
ટેલીફોનની કાનનળી

કાનનળીનું કાર્ય આકૃતિ (૨૮૧-અ) વડે બરાબર સમજાવ્યું છે. D લોખંડની પાતળી અને એક સરખી જાડાઈની તકતી (પ્લેટ) છે. એ પ્લેટને વિદ્યુતચુંબક E ની એકદમ નજીક રાખેલી છે. વિદ્યુતચુંબક E માં તારથી બતાવ્યા મુજબ પ્રવાહ પસાર થાય છે. સામાન્ય રીતે મુખનળી આગળના અવાજનાં આંદોલનોને લીધે વિદ્યુત પ્રવાહમાં વધઘટ થાય છે એટલે આ કાનનળીમાંથી

પસાર થતા વિદ્યુત પ્રવાહમાં પણ ઝડપથી વધઘટ થાય છે. આને લીધે વિદ્યુતચુંબક E ના ચુંબકબળમાં પણ તે જ ઝડપથી વધઘટ થાય છે. આથી E ની સાથે આવેલી લોખંડની પ્લેટ D પણ ઝડપથી વત્તીઓછી આકર્ષાય છે અને તેથી તે આંદોલિત થાય છે. મુખનળી (૧) આગળ અવાજનાં જે આંદોલનો પેદા થાય છે, તેને સંવાદિત (in resonance) પ્રવાહમાં પણ વધઘટ થાય છે. એ સંવાદિત વધઘટના પ્રમાણમાં કાનનળીના વિદ્યુતચુંબકમાં પણ તેવોજ સંવાદિત ફેરફાર થાય છે. છેવટે પ્લેટ D ની ધ્રુજારી પણ એજ પ્રમાણે સંવાદિત થવાથી તેમાંથી પાછાં મૂળ અવાજનાં આંદોલનો નીકળે છે. આમ મુખનળી આગળ કાઢેલો અવાજ ફરીથી કાનનળી આગળ સંભળાય છે.

૯. માઈક્રોફોન (Microphone). ઉપર દર્શાવેલા સિદ્ધાંત ઉપર આધાર રાખી માઈક્રોફોન વડે અવાજનાં આંદોલનોને વિદ્યુત-પ્રવાહમાં ફેરફાર કરી ધ્વનિવર્ધકો (loud speakers) વડે અવાજને મોટો કરવામાં આવે છે. માઈક્રોફોનમાં પ્રથમ અવાજના આંદોલનોને વિદ્યુતના પ્રવાહની વધઘટ કરવા માટે એક કોષ (બેટરી) માંથી પ્રથમ થોડો પ્રવાહ આકૃતિ (૨૮૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે क જેવી ધાતુની પ્લેટમાં દાખલ કરવામાં આવે છે. એ પ્રવાહ क ને अ ની વચ્ચે રાખેલા કોલસાના બારીક ભૂકા व માંથી પસાર થાય છે અવાજ કરવામાં આવે, ત્યારે क પ્લેટની ધ્રુજારીથી કોલસાનાં કણો આઘાપાછા જાય છે, એટલે તેનો પ્રતિરોધ (resistance) વત્તોઓછો થાય છે; અને તેથી વિદ્યુતપ્રવાહ પણ તે જ પ્રમાણમાં વધઘટ થાય છે. આ રીતે ઉત્પન્ન કરેલા પ્રવાહને

આકૃતિ ૨૮૨.



ધ્વનિવર્ધકમાં લઈ જઈ વિદ્યુતપ્રવાહને વિપુલ (magnify) કરી પાછો મોટો અવાજ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

સાર

૧. વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ થાય તે વાહકની ફરતે ચુંબકબળ પેદા થાય છે. આથી ઊલટું જો વાહકની નજીક એકાએક ચુંબકબળ પેદા કરવામાં આવે અથવા વાહકને ચુંબકબળનાં ક્ષેત્રમાં ઝડપથી ખસેડવામાં આવે તો તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પેદા થાય છે. આને ઉપપાદિત પ્રવાહ (induced current) કહેવામાં આવે છે.

૨. એક બંધ ગૂંછળામાં ચુંબકબળનો એકાએક ફેરફાર કરવામાં આવે તો તેથી ઉપપાદિત વિદ્યુતપ્રવાહ પેદા થાય છે, અને એ પ્રવાહ જ્યાં સુધી ચુંબકબળનો ફેરફાર ચાલુ રહે, ત્યાં સુધી જ પસાર થાય છે. ગૂંછળામાં પેદા થતા ઉપપાદિત વિદ્યુતચાલક બળ (induced electromotive force) નો આધાર ચુંબકબળના ફેરફારની ઝડપ ઉપર આધાર રાખે છે. જેમ ઝડપથી લોહચુંબકને એ ગૂંછળાંમાં લાવીએ અથવા દૂર કરીએ, તેમ વધુ વિદ્યુતચાલકબળ ઉત્પન્ન થાય છે. ઉપપાદિત વિદ્યુત હંમેશાં ગૂંછળામાં થતાં ચુંબકબળના ફેરફારનો વિરોધ કરે છે. ચુંબકબળનો ફેરફાર લોહચુંબક વડે, નજીકના ગૂંછળામાં પ્રવાહ પસાર કરીને અથવા વાહક ગૂંછળાને ચુંબકક્ષેત્રમાં ગોળ ફેરવીને કરીએ તોપણ ઉપપાદિત પ્રવાહ પેદા થાય છે.

૩. મોટરનું કાર્ય પ્રવાહને લીધે ઉત્પન્ન થતાં ચુંબકબળના ઉપર આધાર રાખે છે. લોહચુંબકના ધ્રુવની વચ્ચે રાખેલાં આર્મેચર ઉપરના તારના ગૂંછળામાં પ્રવાહ પસાર થવાથી તે અપાકર્ષિત થાય છે અને ગોળ ફરવા લાગે છે. અર્ધું ચક્ર લેવાથી તેમાં પ્રવાહની દિશા બદલાય છે, એટલે હંમેશાં અપાકર્ષણ જ ચાલુ રહે છે.

૪. ડાઈનેનોમાં ઉપપાદિત પ્રવાહ પેદા થાય છે. આર્મેચર ઉપરના ગૂંછળાંને લોહચુંબકના બે ધ્રુવોની વચ્ચે જેમ વધારે ઝડપથી ફેરવીએ, તેમ વધુ

વિદ્યુતચાલક બળ પેદા થાય છે. ટ્રાન્સફોર્મરમાં પણ ઉપપાદિત વિદ્યુતનો સિદ્ધાંત ઉપયોગમાં લેવાય છે.

૫. વિદ્યુતઘંટડી અને ટેલિફોનમાં ક્ષણિક ચુંબકત્વના ગુણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

૬. ટેલિફોનમાં ઉપપાદિત વિદ્યુત તેમજ દબાણને લીધે કોલસાના કણોમાં પ્રતિરોધનો ફેરફાર થાય તેનો ઉપયોગ થાય છે. માઈક્રોફોનમાં અવાજના આંદોલનો પડતાં તેમાથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં વધઘટ થાય છે અને તેવી જ વધઘટ સામી બાજુએ થવાથી લાઉડસ્પિકર વડે અવાજ સાંભળી શકાય છે

—પ્રશ્નો—

(૧) વિદ્યુત ઉપપાદન કરવાના સાદા પ્રયોગ દર્શાવો.

(૨) વિદ્યુતચુંબક કેવી રીતે તૈયાર કરી શકાય?

(૩) ડાઇનેમોની રચના અને કાર્ય સમજાવો. ટ્રાન્સફોર્મરનો ઉપયોગ સમજાવો.

(૪) વિદ્યુત ઘંટડી અને ટેલિગ્રાફનું કાર્ય સમજાવો.

(૫) વિદ્યુતચુંબક માટે ભરતર લોખંડ જ વપરાય છે અને પોલાદ નથી વપરાતું કારણ શું?

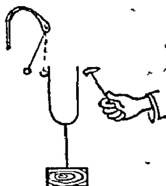
(૬) ટેલિફોનની રચના સાદી આકૃતિ વડે સમજાવો.

પ્રકરણ ૨૬.

ધ્વનિ (Sound)

૧. ધ્વનિ શાથી ઉત્પન્ન થાય છે? હવામાં એક વસ્તુને જોરથી હલાવીએ, બે વસ્તુને અફાળીએ અથવા કોઈ રીતે એક વસ્તુમાં ધ્રુજારી ઉત્પન્ન કરીએ ત્યારે અવાજ ઉત્પન્ન થાય છે. ટૂંકમાં, અવાજ દ્રવ્યનાં આંદોલનો (oscillation) થી ઉત્પન્ન થાય છે. આ બાબત નીચેના પ્રયોગથી સ્પષ્ટ જણાય છે.

આકૃતિ ૨૮૩.



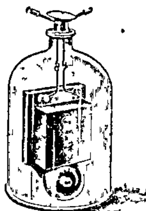
પ્રયોગ —આકૃતિ (૨૮૩) માં બતાવ્યા મુજબ એક સ્વરશલ (tuning fork) લો અને તેને અડીને રહે તેમ એક લોખંડની ગોળીને દોરી વડે લટકાવો. હવે હથોડી વડે એ સ્વરશલને (ચીપિયાને) ધ્રુજાવો. એથી માલૂમ પડશે કે લોખંડની ગોળી ધ્રૂજવા લાગે છે સ્વરશલ (ચીપિયા) ની બન્ને પડી ધ્રૂજે છે, તેથી તેમાંથી અવાજ નીકળે છે

અવાજ ત્રણે જાતનાં દ્રવ્યમાંથી પસાર થાય છે. હવામાં, પાણીમાં અથવા દીવાલમાં, એક જગ્યાએ અવાજ ઉત્પન્ન કરીએ તે વત્તીઓછી ઝડપે ગતિ કરી બીજી જગ્યાએ સંભળાય છે. હવામાં અવાજ સાધારણ રીતે સેકંડના ૩૩૦ મિટર અથવા આશરે ૧૧૩૦ ફૂટ વેગથી મુસાફરી કરે છે. પાણીમાં અવાજનો વેગ સેકંડનો ૧૪૦૦ મિટર છે અને લોખંડમાં સેકંડનો ૫૧૦૦ મિટર છે આ ઉપરથી જણાશે કે અવાજ વાયુમાં ધીમે પસાર થાય છે, પ્રવાહીમાં ઝડપી હોય છે અને ઘન વસ્તુમાં સૌથી વિશેષ

ઝડપી-બને છે. પ્રકાશનો વેગ (સેકંડનો ૧,૮૬,૦૦૦ માઈલ) અવાજના વેગથી ઘણો વધુ હોવાથી એકાદ દૂરનાં સ્થળે કોઈ કારણથી અવાજ ઉત્પન્ન થાય તો અવાજ ઉત્પન્ન થવાનું કારણ તરત જ દેખાશે, પરંતુ અવાજ પાછળથી આવશે.

૨. ધ્વનિ કેવી રીતે પ્રસરે છે. ધ્વનિને ઉત્પન્ન થવા માટે તથા એક જગ્યાથી બીજી જગ્યાએ જવા માટે કોઈ પણ પ્રકારના દ્રવ્યની આવશ્યકતા હોય છે. જો દ્રવ્યનો અભાવ હોય, એટલે કે કોઈ સ્થળે શૂન્યાવકાશ હોય તો તેમાંથી અવાજ પ્રસરી શકતો નથી. દાખલા તરીકે, આકૃતિ (૨૮૪) માં બતાવેલી એક કાચની બરણીમાં હવા શોષી લઈ વિદ્યુતઘંટડી વગાડીશું તો અવાજ બહાર સંભળાશે નહિ, પરંતુ જો અંદર હવા દાખલ કરીએ તો અવાજ આવશે. આ ઉપરથી ખાતરી થશે કે અવાજ પસાર થવા માટે કોઈ પણ જાતના દ્રવ્યનાં માધ્યમ (material medium) ની જરૂરિયાત છે.

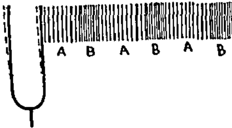
આકૃતિ ૨૮૪.



દ્રવ્યમાં આંદોલનો ઉત્પન્ન થવાથી અવાજ એકથી બીજી જગ્યાએ પ્રસરે છે. જેમ પાણીમાં પથ્થર નાંખવાથી મોજાં ઉત્પન્ન થઈ ચારે બાજુ પ્રસરે છે, તેમ અવાજ પણ દ્રવ્યના અણુનાં આંદોલનોથી ઉત્પન્ન થતાં મોજાં વડે દરેક દિશામાં પ્રસરે છે.

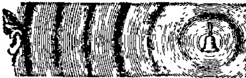
આકૃતિ (૨૮૫) માં એક સ્વરશૂલ વડે કેમ અવાજ પેદા થાય તે બતાવેલું છે. ચીપિયાનો હાથો જમણી બાજુએ જાય

આકૃતિ ૨૮૫.



ત્યારે તે હવાને B આગળ બતાવ્યા પ્રમાણે સંકોચે છે, અને ડાબી બાજુએ જાય, ત્યારે A ની પેઠે હવાને વિસ્તારે છે. આ ઘટના વારંવાર ચાલે છે એટલે B અને A વડે દર્શાવેલાં સંકોચન (ઘનીભવન, condensation) અને વિસ્તારણ (સ્ફારીભવન, rarefaction) અવાજનાં મોજાંરૂપે આગળ વધે છે.

આકૃતિ ૨૮૬.



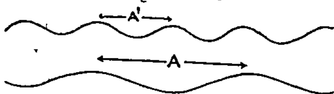
આકૃતિ (૨૮૬) માં હવામાં અવાજનાં મોજાં કેમ પ્રસરે છે તે બતાવ્યું છે. હવાના બધા અણુ એકીસાથે આંદોલિત થતાં નથી એટલે શરુઆતમાં અવાજનાં મોજાંથી હવાના અણુ એકમેકની ઘણા નજીક આવે છે, અને પછીથી વધુ વિસ્તૃત થાય છે. એ પ્રકારનો ક્રમ આગળ વધે છે. અણુ એકમેકની ખૂબ નજીક આવે તે બનાવને સંકોચન અથવા ઘનીભવન (condensation) કહેવામાં આવે છે, અને જ્યારે એકમેકની દૂર જાય તેને વિસ્તારણ અથવા સ્ફારીભવન (rarefaction) કહેવામાં આવે છે. અવાજનું મોજું આવા સંકોચન (ઘનીભવન) અને વિસ્તારણ (સ્ફારીભવન) ના ક્રમ વડે આગળ વધે છે.

૩. અવાજના તરંગો (Waves of Sound). જેના એક છેડાને પિન લગાડી હોય એવો એક સ્વરશૂલ (tuning fork) લઈ તેને પછાડી અવાજ ઉત્પન્ન કરશો અને આકૃતિ (૨૮૭-अ) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક એક મેશવાળી પ્લેટ ઉપર પિન અડેલી રાખીને ખેંચશો તો, એ પ્લેટ ઉપર વક્ર આલેખ (curve) માલૂમ પડશે, અને પાણીનાં મોજાંના જેવો ખ્યાલ આપશે. આ આલેખને અવાજનો તરંગ કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૮૭-ब) માં બતાવ્યા મુજબ બે તરંગના એક જ દિશામાં ઊપસેલા બે

આકૃતિ ૨૮૭-अ.



આકૃતિ ૨૮૭-ब.



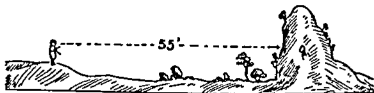
ભાગના A જેવાં અંતરને તરંગલંબાઈ (wave length) કહેવામાં આવે છે. એક સ્વરશૂલ વડે આલેખ તૈયાર થયો હોય તો તેની તરંગલંબાઈ હંમેશાં સરખી જ રહે છે. એક સેકંડમાં સ્વરશૂલ જેટલી વાર કમ્પાયમાન થાય, તેટલા તરંગો એક સેકંડમાં પ્લેટ ઉપર નોંધાશે, આથી લાગે છે કે જેમ કંપસંખ્યા વધુ તેમ તરંગો પણ વધુ.

જો અવાજની તરંગલંબાઈ A' ની પેઠે ઓછી હોય (આકૃતિ ૨૮૭–ત્ર) કમ્પસંખ્યા (frequency) વધુ થાય છે અને અવાજ ઘણો તીણો લાગે છે, અને જો A ની પેઠે તરંગલંબાઈ જો લાંબી હોય તો તે અવાજની કંપસંખ્યા ઓછી થાય છે અને તેથી અવાજ ખોખરો (ઓછો તીણો) લાગે છે. તરંગની ઊંચાઈ (amplitude) ઉપર અવાજના મોટાપણા (loudness) નો આધાર રહે છે. જેમ અવાજ વધુ ઊંચો, તેમ તરંગો પણ વધુ ઊંચાઈના હોય છે. તરંગો જો વાંકાચૂંકા હોય તો અવાજનો રણકાર બદલાશે. આમ અવાજના પ્રકારનો આધાર કમ્પસંખ્યા (frequency) અથવા તરંગલંબાઈ, તરંગની ઊંચાઈ (amplitudes) અને તરંગના સ્વરૂપ ઉપર રહે છે.

જે અવાજમાં આંદોલનો નિયમિત રીતે આવે છે તે અવાજ સામાન્ય રીતે સંગિતમય (musical) લાગે છે, અને જે આંદોલનો ગમે તે ગાળે અને ગમે તેમ નાનાં મોટાં થાય તેના વડે ઘોંઘાટ (noise) પેદા થાય છે.

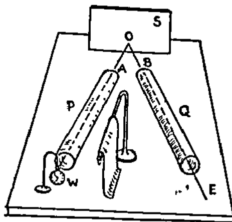
૪. ધ્વનિનું પરાવર્તન (Reflection of Sound). જેમ પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે તેમ અવાજનું પણ પરાવર્તન થાય છે. મોટી દીવાલ અથવા મોટી ટેકરી આગળ આશરે ૫૫ ફૂટથી વેગળે ઊભા રહી અવાજ કરીએ તો તેનું પરાવર્તન થઈને જે અવાજ કરીએ તે જ પાછો સંભળાય છે. ૫૫ ફૂટથી નજીક કરેલો અવાજ એટલો જલદી પાછો આવશે કે જેથી બન્ને અવાજ સેળભેળ થઈ જશે. આવી રીતે પરાવર્ત (reflect) થઈને આવતા અવાજને પ્રતિધ્વનિ અથવા પડઘો (echo) કહેવામાં આવે છે. અવાજના પરાવર્તનના નિયમો પણ પ્રકાશના પરાવર્તનના નિયમોના જેવા જ છે. ધ્વનિનું પરાવર્તન નીચેના પ્રયોગોથી સમજાશે.

આકૃતિ ૨૮૮.



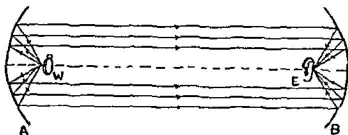
ટેકરીની સામે ૫૫ ફૂટ રહેવાથી પડઘો સભળાય છે.

આકૃતિ ૨૮૯.



પ્રયોગ :—આકૃતિ (૨૮૯) માં બતાવ્યા મુજબ P અને Q ભૂંગળીઓને ઘોડી પર ટેકવી ગોઠવો. W આગળની ભૂંગળી પાસે ઘડિયાળ રાખો, બીજી ભૂંગળીના છેડે E આગળ તમારો કાન ધરો. W થી E તરફ સીધા આવતાં અવાજનાં તરંગો અટકાવવા માટે ઘડિયાળ અને તમારા કાનની વચ્ચે એક પડદો રાખો. ઘડિયાળમાંથી અવાજના તરંગો સીધા ન સંભળાય તે લક્ષમાં રાખો. ભૂંગળીઓના A, B છેડા તરફ એક સપાટ પાટિયું અથવા કાચની પ્લેટ S રાખો. હવે Q નળીને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તમે અવાજના તરંગો E આગળ રાખેલા કાનથી સાંભળી શકો. S આગળનું પાટિયું અવાજના તરંગોના માર્ગમાં નડતરરૂપ છે તેથી અવાજના તરંગોનું પરાવર્તક (reflector) કહેવાય છે. ભૂંગળી જુદી જુદી જગાએ ગોઠવી આ પ્રયોગ બેત્રણ વખત કરો. A W અને B E ને જોડી દો. પૂંઠાની સપાટી પર O માંથી લંબ દોરો. આપાત અને પરાવર્ત ખૂણાઓનું માપ લો. તમે જોઈ શકશો કે પ્રકાશનાં કિરણોની પેઠે અવાજના તરંગોમાં પણ આપાતકોણ પરાવર્તનકોણની બરાબર છે.

આકૃતિ ૨૯૦.

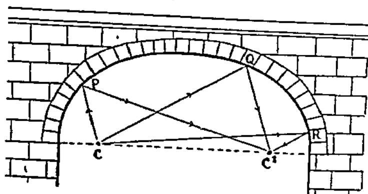


પ્રયોગ:—બે મોટા ધાતુના અંતર્ગોળ આરસા A અને B લો. W અને E આગળ તેમનાં કેન્દ્ર આવે તેમ તેમને ગોઠવો. W આગળ નાનું ઘડિયાળ રાખો. તેનો અવાજ B આગળ ગમે ત્યાં એમ ને એમ સંભળાતો નથી. હવે E આગળ કાન રાખો. અવાજ તીરથી બતાવ્યા પ્રમાણે કેન્દ્રિત થાય છે, એટલે ઘણો મોટો બને છે અને કાન વડે સંભળાય છે (આકૃતિ ૨૯૦).

એકાદ ઘુમ્મટમાં જઈ એકવાર અવાજ કરીએ તો તે અવાજનો પડઘો અનેકવાર સંભળાય છે. આવા પડઘાને અનેક પડઘા (*multiple echoes*) કહેવામાં આવે છે. આનું કારણ સ્પષ્ટ છે કે એક દિશામાં અવાજ કરીએ તે વારંવાર સામસામી બાજુ અથડાઈને એક પછી એક પડઘા ઉત્પન્ન કરે છે.

અવાજને પ્રકાશની પેઠે પરાવર્તક (reflector) વડે કેન્દ્રિત પણ કરી શકાય છે. જો ગોળ દીવાલ ઉપર ઘણે દૂરથી મંદ અવાજ આવે તો તે કેન્દ્ર આગળ સ્પષ્ટ સંભળાય છે. કેટલાંક મકાનોમાં અને દેવળોમાં આ જાતની ઘટનાથી અમુક જગ્યાએ (C આગળ) કરેલો મંદ અવાજ બીજે ઠેકાણે (C' આગળ) કેન્દ્રિત થઈને સંભળાય છે; પરંતુ વચ્ચેની જગ્યાએ સંભળાતો નથી. એવી ગોળ દીવાલના કેન્દ્ર C આગળ ઘણો જ મંદ અવાજ કરી તો તે અવાજ બીજે ઠેકાણે સંભળાશે નહિ, પરંતુ દીવાલ વડે

આકૃતિ ૨૯૧.

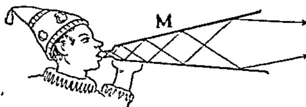


વ્હીશપરિંગ ગેલેરિ

પરાવર્ત થઈને સામી ગેાળ દીવાલને અથડાઈને એ બાજુના દીવાલના કેન્દ્ર C' આગળ પાછેા જોરથી સંભાળશે. આવી જાતની રચનાવાળા મકાનને વ્હીશપરીંગ ગેલેરી (whispering gallery) કહેવામાં આવે છે (આકૃતિ ૨૯૧).

કેટલાંક સાધનેા વડે ધ્વનિનું વર્ધન (magnification) પણ થઈ શકે છે. આકૃતિ (૨૯૧–અ) માં બતાવ્યા મુજબ મેગાફેાન (magaphone) નામના લાંબી નળીવાળા અને ભૂંગળા જેવા આકારના સાધન M માં બેાલેા, તેા જે દિશામાં એનું મુખ હેાય તે દિશામાં જ આપણા મુખમાંથી નીકળેલાં સર્વ મેાજાંએા આકૃતિ (૨૯૧–અ) માં બતાવ્યા મુજબ પ્રસરે છે. આથી એ દિશામાં અવાજની

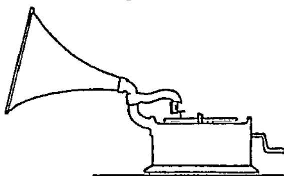
આકૃતિ ૨૯૧–અ.



બધી શક્તિ કેન્દ્રિત થવાથી અવાજ ઘણો મોટો લાગે છે. કાનને માટે પણ એવી જાતના ભૂંગળા (ear-trumpet, કાનનળી) રાખવામાં આવે છે. એના પહોળાં મુખમાં દાખલ થતો અવાજ કાનની નજીક રાખેલા નાનાં કાણું આગળ કેન્દ્રિત થાય છે અને તેથી મોટો અવાજ સંભળાય છે.

૫. ફોનોગ્રાફ અને ગ્રામોફોન. ફોનોગ્રાફ એટલે અવાજ નોંધવાનું સાધન અને ગ્રામોફોન એટલે નોંધેલા અવાજને પાછા સાંભળવાનું સાધન. અવાજ આંદોલનોથી ઉત્પન્ન થાય છે, અને અમુક જાતના અવાજ અમુક પ્રકારનાં જ આંદોલનો ઉત્પન્ન કરે છે. આકૃતિ (૨૮૭) માં સ્વરશૂલ (tuning fork) વડે જે તરંગ

આકૃતિ ૨૯૨.

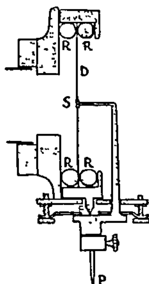


ગ્રામોફોન

ઉત્પન્ન થયેલો છે, તેને ધ્વનિલેખ (sound track) કહેવામાં આવે છે. હવે જો એ ધ્વનિલેખ ઊંડા કરી એક પટીને સોય લગાડી એ લેખના ખાંચામાં રાખી પટીને પાછી તે જ ઝડપથી ખેંચીએ, તો એ પટી સ્વરશૂલની પેઠે જ આંદોલિત થશે અને તેવો જ અવાજ બહાર પાડશે.

આ જ સિદ્ધાંત ઉપર આધાર રાખી એડીસને ૧૮૭૭ માં ફોનોગ્રાફ અને ગ્રામોફોન શોધી કાઢ્યાં. અવાજનાં આંદોલનોને કેન્દ્રિત અને વિપુલ (magnify) કરી અવાજને સંવાદિત (unison) હોય તેમ એક પિનને આંદોલિત કરવામાં આવે છે. એ પિનની ધ્રુજારીને એક મીણની તાવીને ગોળ ફેરવી નોંધી લેવામાં આવે છે, એટલે ધ્વનિલેખ તૈયાર થાય છે. આમ ફોનોગ્રાફનું કાર્ય ખતમ થાય છે. એજ તાવીના ધ્વનિલેખમાં એક સાઉંડ બૉક્સ (sound box) ની પિન રાખી તાવીને પાછી અસલની ઝડપે ફેરવવામાં આવે, તો પાછો તેજ અવાજ ઉત્પન્ન કરી શકાશે. આકૃતિ (૨૯૩) માં સાઉંડ બૉક્સ બતાવવામાં આવ્યો છે. પિન P ને એક ધાતુની અથવા કાચની એકસરખી પાતળી પ્લેટ D ની વચ્ચે જડેલા સળિયામાં એક સ્ક્રૂ S વડે જોડવામાં આવે છે. પિનની ધ્રુજારી એ સળિયા મારફતે પ્લેટ D ને પહોંચે છે અને એ પ્લેટ ધ્રુજવાથી હવામાં અવાજનાં આંદોલનો ઉત્પન્ન થાય છે, અને તે અવાજનળીવાટે બહાર પડે છે. ગ્રામોફોનને આકૃતિ (૨૯૨) માં બતાવવામાં આવ્યું છે. મુળ ધ્વનીલેખમાંથી ગ્રામોફોનની રેકાર્ડ છાપવાનું બીબું કેવી રીતે બનવાય છે તે વિદ્યુતઢાળના ફકરામાં સમજાવ્યું છે.

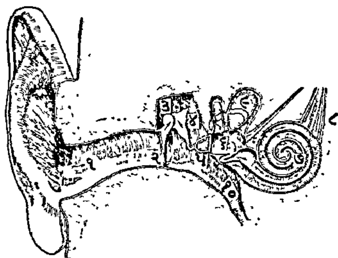
આકૃતિ ૨૯૩.



૬. કાનની રચના અને કાર્ય. કાનના ત્રણ મુખ્ય વિભાગ છે: (૧) બહારનો કાન (આકૃતિમાં ૧, ૨ વડે બતાવેલો),

(૨) મધ્યનો કાન (૩, ૪, ૫) અને (૩) અંદરનો કાન (૬, ૭, ૮). અવાજનાં જે આંદોલનો દૂરથી આવે છે તે પ્રથમ બહારના કાનની નળી (૧) માં થઈને દાખલ થાય છે (આકૃતિ ૨૯૪). આ નળીને છેવટના ભાગમાં એક પાતળા પડદા (૨) થી બંધ કરેલી હોય છે. એ પડદાને ટિમ્પેનિક પડદો (tympanic membrane) કહેવામાં આવે છે. મધ્યના કાનમાં આ પડદાની

આકૃતિ ૨૯૪.



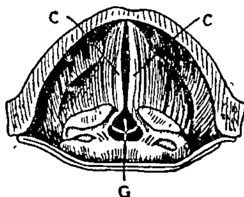
કાનની રચના

સાથે એક હથોડી (hammer) (૩) જોડવામાં આવેલી છે. પડદા ઉપરનાં આંદોલનોથી હથોડી ધ્રૂજે છે અને એરણરૂપી પડદા (anvil) (૪) ઉપર અથડાય છે. ઘોડા ઉપર સવારી કરતી વખતે પગ રાખવાના પેંગળાં જેવા આકારના એક હાડકાં (stirrup bone) (૬) દ્વારા તે એક લંબગોળ મુખવાળી બંધ નળીના પડદાને પહોંચે છે. આ નળીને લેબિરિન્થ (labyrinth) (૭) કહેવામાં

આવે છે. એ નળીમાં એક જાતનું પ્રવાહી ભરેલું છે. સ્ટિરપ હાડકાં (૬) નાં આંદોલનો લેબિરિન્થનાં પડદાદ્વારા આ પ્રવાહીમાં દાખલ થાય છે અને અંતે લેબિરિન્થને બીજે નાકે સંધાયેલા અસંખ્ય નાદતંતુ (auditory nerves) માં (૮) દાખલ થાય છે. આ નાદતંતુ અનેક લંબાઈના અને જુદીજુદી તંગ અવસ્થામાં હોય છે. અહીં અવાજનાં સામટાં આંદોલનોનું વર્ગીકરણ થાય છે. દરેક નાદતંતુ અમુક પ્રકારની કમ્પસંખ્યા (frequency) વાળા અવાજથી જ નાદોદિત (resonate) થાય છે, અને અવાજનું પૃથક્કરણ કરી મગજને સંદેશો પહોંચાડે છે. એકસામટા અનેક અવાજ આવતા હોય તેમાં દરેક અવાજની કમ્પસંખ્યા, મોટાપણું અને સ્વર જુદા હોય છે, તેનું નાદતંતુ પૃથક્કરણ કરે છે. દિશાસૂચક માટે એકમેકને કાટખૂણે ત્રણ હાડકાં (૯) રાખેલાં છે. નળી (૧૦) ગળાની સાથે સંધાણ કરે છે, અને અવાજનાં આંદોલનથી એકાએક વત્તુંઓછું દબાણ થાય તો તેનાથી કાનને રક્ષણ આપે છે.

આકૃતિ (૨૯૫) માં ગળામાંથી અવાજ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે તે બતાવેલું છે. ગળામાં અવાજના પડદા (C) હોય છે. તેની ધ્રુજારી વડે અવાજ ઉત્પન્ન થાય છે. હવા-નળીના મોં (C) માંથી વત્તાંઓછાં દબાણથી હવા બહાર નીકળે, તેના પ્રમાણમાં અવાજ-પડદા વત્તાઓછા ખેંચાઈને જુદીજુદી કંપસંખ્યાના

આકૃતિ ૨૯૫.



અવાજો બહાર પાડે છે. ગળા, મોં, જીભ, દાંત અને હોઠની પરિસ્થિતિ ઉપર આધાર રાખીને જુદાજુદા શબ્દોના અવાજો પેદા કરી શકાય છે.

સાર

૧. અવાજ દ્રવ્યનાં હલનચલનથી ઉત્પન્ન થાય છે, અને તેના પ્રસરણ માટે સ્થૂળ દ્રવ્યનાં માધ્યમની જરૂર પડે છે. અવાજ શૂન્યાવકાશમાંથી પસાર થતો નથી.

૨. અવાજ તરંગ (મોજાં) રૂપે ગતિ કરે છે અને શૂન્ય ડિગ્રી સેંટિગ્રેડ એનો હવામાં વેગ ૧૦૭૦ ફૂટ દર સેકંડ છે. સામાન્ય ટેમ્પરેચરે અવાજનો વેગ ૧૧૩૦ ફૂ./સેક. હોય છે.

૩. સંગીતમય સ્વર નિયમિત કંપને લીધે ઉત્પન્ન થાય છે. ઘોઘાંટ અનિયમિત કંપોથી પેદા થાય છે. ધ્વનિની તીવ્રતા (pitch) નો આધાર તેની કંપસંખ્યા (frequency) ઉપર રહે છે.

૪. પ્રકાશના નિયમોની પેઠે જ ધ્વનિનું પણ પરાવર્તન થાય છે.

૫. જો $\frac{1}{10}$ સેકંડ પછી એટલે કે ૫૫ ફૂટથી દૂરની વસ્તુ ઉપર અથડાઈને ધ્વનિ પરાવર્ત થઈને આવે તો પડઘો (echo) સંભળાય છે.

૬. અવાજનાં આંદોલનોને એક તકતી ઉપર પડવા દઈને તેની સાથે જડેલી પિનની ધ્રુજારીમાં ફેરવવામાં આવે છે અને એ ધ્રુજારી વડે ગ્રામોફોનની તાવી ઉપર આવાજની નોંધ થાય છે. ગતિ આપી તેના ઉપર પિન ફેરવીને તેની ધ્રુજારી વડે પાછો અવાજ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

પ્રશ્નો

(૧) ધ્વનિ કેમ ઉત્પન્ન થાય છે અને કેવી રીતે પ્રસરે છે ?
(૨) ધ્વનિનો પ્રકાર તરંગો ઉપર કેમ આધાર રાખે છે એ સમજાવો.
(૩) ગુણક પ્રતિધ્વનિ (multiple echoes) અને વ્હિસ્પરીંગ ગૅલેરી વિષે ટૂંક નોંધ લખો.
(૪) ગ્રામોફોનની સાઉંડબૉક્સની રચના ટૂંકમાં સમજાવો.
(૫) વાદળામાં વીજળીનો પ્રકાશ દેખાય પછી મોટેથી અવાજ સંભળાય છે. કારણ શું ?
(૬) કાનની રચના આકૃતિ પાડી દર્શાવો.

પારિભાષિક શબ્દસૂચી : પદાર્થવિજ્ઞાન

Acceleration પ્રવેગ
Air-pump હવા પંપ
Air-ship હવાઈ જહાજ
Air-tight હવાચુસ્ત
Amber કેરબો
Amplitude તરંગ ઊંચાઈ
Analysis પૃથક્કરણ
Anti-clockwise અપસવ્ય, પ્રતિદક્ષિણ
Apparatus ઉપકરણ
Area ક્ષેત્રફળ
Atmosphere વાતાવરણ
Attraction આકર્ષણ
Axis ધરી
Axle આરો, આરી
Barometer વાયુભારમાપક
Battery કોષમાળા, બેટરી
Beam પટી
Bending વળાંક
Biplane દ્વિપાંખી વિમાન
Calculus કલનશાસ્ત્ર
Carbon કોલસો
Cell કોષ
Centre of curvature વર્તુલમધ્ય
" gravity ગુરુત્વમધ્યબિંદુ
Centrifugal કેન્દ્રત્યાગી
Centripetal કેન્દ્રગામી
Circuit માર્ગ
Circular motion ચક્રગતિ
Coefficient of friction ઘર્ષણાંક
Coefficient of linear expansion રૈખિક પ્રસરણાંક
Coefficient of superficial expansion પૃષ્ઠ પ્રસરણાંક
Coefficient of volume expansion કદ પ્રસરણાંક
Coil ગૂંછળું
Compound સંયોજન
Concave અંતર્ગોળ
Conduction વહન
Conductor વાહક
Condensation દ્રવીભવન
" (in sound) ઘનીભવન
Constant એકમૂલ્ય; નિશ્ચલ
Convection નયન
Converging કેન્દ્રાભિસારી
Convex બહિર્ગોળ
Clockwise સવ્ય, દક્ષિણ
Cranes ઊંટડા
Deflection વર્તન
" angular કોણાવર્તન
Degree કોણ, અંશ
Density ઘનતા

Dewpoint ઝાકળબિંદુ
Diagonal કર્ણ
Diameter વ્યાસ
Diver's suit મરજીવો પોશાક
Diverging કેન્દ્રાપસારી
Dynamo ડાઇનેમો
Echo પડઘો
Eccentric અપકેન્દ્રી
Effect અસર
Efficiency કાર્યસાધકતા
Elastic સ્થિતિસ્થાપક
Elasticity સ્થિતિસ્થાપકતા
Electric વિદ્યુત સંબધીનું
Electric battery વિદ્યુત કોષો
,, pressure વિદ્યુત દબાણ
,, voltage વિદ્યુત દબાણ
,, conductor વિદ્યુતવાહક
,, charge વિદ્યુતભાર
,, ,, positive ધનવિદ્યુતભાર
,, ,, negative ઋણવિદ્યુતભાર
,, spark વિદ્યુત તણખા
Eleteric conductor વિદ્યુતવાહક
,, insulated અલગ વાહક
,, iusulators વિદ્યુતરોધકો
,, current વિદ્યુતપ્રવાહ
,, machine વિદ્યુતયંત્ર
,, discharge વિદ્યુતવિભાર
,, condenser વિદ્યુત સંચારક
,, bell વિદ્યુત ઘંટડી

Electricity વિદ્યુત
,, positive ધન વિદ્યુત
,, negative ઋણ વિદ્યુત
,, static સ્થિત વિદ્યુત
,, frictional ઘર્ષણ વિદ્યુત
,, current પ્રવાહ વિદ્યુત
Electrically charged વિદ્યુત ભારવાહી
Electromotive force વિદ્યુતચાલકબળ
Electroscope વિદ્યુતદર્શક
,, pithball ગરના ગોળાનો વિદ્યુતદર્શક
,, gold leaf સોનાના વરખનો વિદ્યુતદર્શક
Energy કાર્યશક્તિ
Energy, conservation of શક્તિ સરક્ષણ
Energy, kinetic ગમનશક્તિ
,, potential અવસ્થાશક્તિ
Energy, transfer of શક્તિનુ રૂપાંતર
Equation સમીકરણ
Equilibrant સમતોલબળ
Equator વિષુવવૃત્ત
Expansion પ્રસરણ
Focal length કેન્દ્રલંબાઈ
Focus કેન્દ્ર
Force જોર, બળ
,, of gravity ગુરુત્વાકર્ષણબળ

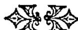
Force pump દાબપંપ
Freezing point ગલનબિંદુ
Frequency કમ્પસંખ્યા
Friction ઘર્ષણ
Fulcrum ફલક
Fundamental મૂળ
,, units મૂળ એકમો
Galvanometer ગેલ્વેનોમિટર
Glacier હિમપ્રવાહ
Glider સરતું વિમાન
Governor નિયામક
Gravitation ગુરુત્વાકર્ષણ
Heat-energy ઉષ્માશક્તિ
Homogeneous એકરૂપ
Horizontal સમસત્ર, ક્ષિતિજસમસૂત્ર
Hydraulic press જળદાબ યંત્ર
Hydrometer દ્રવતુલા
Image પ્રતિબિંબ
,, real સાચું પ્રતિબિંબ
,, virtual આભાસિત ,,
Incident ray આપાતકિરણ
Inclined plane ઢાળ
Inertia નિષ્ક્રિયત્વ
Ink-filler શાહીનળી
Insulated અલગ; અલગ કરેલો
Inversely proportional વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં
Impressed force સંસ્કારબળ

Irregular વિરૂપાકાર
Kinetic energy ગમનશક્તિ
Lactometer પયતુલા
Latent heat ગુપ્ત ઉષ્ણતા
Latent heat of fusion ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા
,, ,, of vaporisation બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા
Law નિયમ
Lever ઉચ્ચાલન
Linear motion રૈખિક ગતિ
Liquefaction દ્રવીભવન
Loud speaker ધ્વનિવર્ધક
Magnet લોહચુંબક; ચુંબક
Magnet, bar ગજિયો લોહચુંબક
Magnet, electro-વિદ્યુતચુંબક
Magnet, horse-shoe ઘોડાનાળ લોહચુંબક
Magnetism ચુંબકત્વ
,, induced ઉપપાદિત ચુંબકત્વ
Magnetic lines of force ચુંબકબળરેખા
Magnetic pole ચુંબકધ્રુવ
,, needle લોહચુંબક સોય
Magnifying glass વિપુલ દર્શક કાચ
Mass વજન, દ્રવ્યમાન, દળ
Maximum મહત્તમ

Mechanical equivalent of heat ઉષ્ણતાનો કાર્યસમદર્શક
Mechanics યંત્રશાસ્ત્ર
Meteor ખરતા તારા, ઉલ્કા
Meteorology વાયુવિજ્ઞાન
Minimum લઘુતમ
Molecules અણુઓ
Momentum વજનવેગ
Moment, turning પરિબળ
Motion ગતિ
Multiple echoes ગુણક પડઘા
Negative અપસવ્ય (સંજ્ઞા માટે)
,, ઋણ (વિદ્યુત માટે)
Normal લંબ
North pole ઉત્તર ધ્રુવ
Observatory વેધશાળા
Opaque અપારદર્શક
Oscillation આંદોલન
Parallelogram of forces બળોનો સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ
Parachute વિમાની છત્રી
Pendulum લોલક
Penumbra અર્ધ-ખગ્રાસ
Perpendicular લંબ
Piston પિસ્ટન
Pithball ગરનો ગોળો
Pointer દર્શક
Pole ધ્રુવ

Positive સવ્ય, ધન (વિદ્યુત)
Potential energy, અવસ્થા-શક્તિ, સંભાવ્ય શક્તિ
Power કાર્યતરા
Pressure દબાણ
Prism ત્રિપાર્શ્વકાય
Proof plane વિદ્યુતશોધક
Property ગુણધર્મ
Propeller વાહક પંખો
Pulley ગરગડી
Quantity, physical રાશિ (ભૌતિક)
Radiation ઉષ્ણતાગમન
Radius of curvature વર્તુલત્રિજ્યા
Rarefaction (sound) સ્ફારીભવન
Reaction પ્રત્યાઘાત
Reaction (chemical) ક્રિયા
Reflection પરાવર્તન
Refraction વક્રીભવન
Refractive index વક્રીભવનાંક
Resistance (obstruction) અવરોધ
,, (electrical) પ્રતિરોધ
Resultant velocity સમાસવેગ
Resultant force સમાસબળ
Repulsion અપાકર્ષણ
Retardation પ્રતિવેગ

Rolling friction લોલઘર્ષણ
Scale માપપટ્ટી, આંકપટ્ટી
Scattering વિખેરણ
Siphon બકનળી
Sensitive તીવ્ર
Sound ધ્વનિ, અવાજ
Sound track ધ્વનિલેખ
Solution દ્રાવણ
Solvent દ્રવ
South pole દક્ષિણ ધ્રુવ
Specific gravity વિશિષ્ટ ઘનતા
Spectrum રંગપટ
Speed ઝડપ
Spring balance કમાનકાંટો
Syringe પિચકારી
Tantalus cup વાસુદેવ પ્યાલા
Temperature ઉષ્ણતામાન
Thermometer ઉષ્ણતામાપક
Transfer of heat ઉષ્ણતા-નિર્ગમન
Transluscent અર્ધ પારદર્શક
Transparent પારદર્શક
Turn આમળા
Tuning fork સ્વરશલ
Umbra પ્રચ્છાસ
Unit એકમ
Uniform અનેકમૂલ્ય
Upthurst શિરદાબ
Vacuum શૂન્યાવકાશ
,, cleaner વેક્યુમ ક્લીનર
,, break ,, બ્રેક
,, pump વાતાકર્ષક પંપ
Valve વાલ્વ
Variable ચલિત
Velocity વેગ
Vertical શિરોલંબ
Vertical reaction of force શિરોલંબ ભાર
Vibration ધ્રુજારી
Volume કદ
Wave તરંગ, મોજું
Wave length તરંગલંબાઈ
Weight ભાર
Work કાર્ય



રસાયણ

પ્રકરણ ૧

રાસાયણિક ફેરફારો અને ઘટનાઓ

૧. **રસાયણશાસ્ત્ર.** આ વિશ્વમાં જે બનાવો અને ઘટનાઓ બને છે તે દરેકની અંદર કાર્યકારણનો સંબંધ રહેલો છે. એ બનાવો અને ઘટનાઓમાં અનેક જાતની વિવિધતા હોય છે. સર્વ ઘટનાઓના પ્રકાર, કાર્યકારણ અને પરિણામને ધ્યાનમાં લઈને તેમના અભ્યાસના જુદાજુદા વિભાગ પાડવામાં આવ્યા છે; દા. ત. ભૌતિકશાસ્ત્ર, રસાયનશાસ્ત્ર, વનસ્પતિશાસ્ત્ર, ભૂસ્તરશાસ્ત્ર, વગેરે.

જગતમાં નજરે પડતી દરેક વસ્તુનાં બંધારણમાં કયાં તત્ત્વો રહેલાં છે, એ તત્ત્વો કેવી રીતે સંયોજિત થાય છે અને કેવી રીતે છૂટાં પડે છે, જુદાજુદા પદાર્થોથી જુદીજુદી પરિસ્થિતિ ઉપર બીજા પદાર્થોની કેવી અસર થાય છે અને કેવી ક્રિયા થાય છે, જુદાજુદા પદાર્થોને બાળવાથી કે ગરમ કરવાથી તેમાં કેવા ફેરફારો થાય છે, વગેરે અનેક જાતની ઘટનાઓનો અભ્યાસ રસાયણશાસ્ત્ર વડે થઈ શકે છે. એવા ફેરફારોનાં કેટલાંક દૃષ્ટાંતો નીચેના ફકરામાં આપ્યાં છે અને રાસાયણિક અને બીજા ફેરફારો વચ્ચેનો તફાવત પણ સમજાવવામાં આવ્યો છે.

૨. **ભૌતિક અને રાસાયણિક ફેરફારો (Physical and Chemical Changes).** વીજળીના દીવાના તારમાંથી વિદ્યુત પ્રવાહ પસાર થાય છે ત્યારે તે ગરમ થાય છે, અને તેથી ઉષ્ણતા અને પ્રકાશ આપે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય એટલે પાછો તાર પોતાની મૂળ સ્થિતિએ આવી જાય છે. એક લોહચુંબકની નજીક ભરતર લોખંડના સળિયાને રાખીએ તો તેમાં પણ લોખંડને આકર્ષવાનો (ચુંબકત્વનો) ગુણ આવે છે, પરંતુ લોહચુંબકને દૂર

લઈ જઈએ તો લોખંડના સળિયામાંથી એ ગુણ પાછો જતો રહે છે. ચોખ્ખા બરફના ભૂકાનું ટેમ્પરેચર માપીએ તો શૂન્ય ડીગ્રી સેંટીગ્રેડ માલૂમ પડશે. એને ગરમ કરીએ તો એજ ટેમ્પરેચરે એનું પાણી બની જશે અને ખૂબ તપાવીએ તો પાણી ઊકળવા લાગશે અને પાણીની વરાળ થઈ થશે. આ ફેરફારોમાં મૂળ પદાર્થોની સ્થિતિમાં કંઈક ફેરફાર થાય છે, પરંતુ પદાર્થોનાં બંધારણમાં ફેરફાર થતો નથી.

લાકડાને સળગાવીએ તો તે બળીને ભસ્મ થઈ જાય છે. બીજી ઘણી વસ્તુ હવામાં સળગીને બળે છે. વસ્તુ બળે ત્યારે ઘણુખરું ઉષ્ણુતા અને પ્રકાશ બહાર પડે છે. બંદૂકના દારૂમાં ચિનગારી પડે તો તે ધડાકા સાથે સળગી ઊઠીને અદૃશ્ય થાય છે અને ઘણો ધુમાડો નીકળે છે. ખાંડને ખૂબ ગરમ કરીએ અથવા તો તેના ઉપર ગંધકનો તેજાબ નાંખીએ તો ખાંડ કાળી પડી જાય છે અને તેમાંથી મીઠાશ પણ જતી રહે છે. લોખંડના ટુકડાને ભેજવાળી હવામાં લાંબો વખત રહેવા દઈએ તો તેના ઉપર જાંખુ રતાશ પડતું પડ ચઢેલું માલૂમ પડશે. એ પડને આપણે લોખંડનો કાટ કહીએ છીએ. આ ફેરફારો બીજા પ્રકારના છે. પદાર્થો બળે ત્યાર પછી જે પદાર્થ મળે છે તે તદ્દન જુદા જ પ્રકારનો હોય છે. સળગી ઉઠ્યા પછી બંદૂકના દારૂમાંથી જુદો જ પદાર્થ પેદા થાય છે. ખાંડને ગરમ કરવાથી અથવા તેના ઉપર ગંધકનો તેજાબ નાંખવાથી જુદો જ પદાર્થ પેદા થાય છે અને તેના ગુણધર્મો ખાંડથી તદ્દન જુદા પડી જાય છે.

ઉપરના દૃષ્ટાંતથી બે જાતના ફેરફારો આપણા ધ્યાનમાં આવે છે.

(૧) કેટલાક ફેરફારોથી પદાર્થોનાં બંધારણમાં ફેરફાર થતો નથી.

(૨) કેટલાક ફેરફારોથી પદાર્થોનાં બંધારણમાં ફેરફાર થાય છે અને નવીન ગુણધર્મોવાળા જુદા જ પદાર્થો બને છે.

પહેલા પ્રકારના ફેરફારોને ભૌતિક ફેરફારો (physical changes) કહેવામાં આવે છે અને બીજા પ્રકારના ફેરફારોને રાસાયણિક ફેરફારો (chemical changes) કહેવામાં આવે છે.

ભૌતિક ફેરફારની વ્યાખ્યા:—

જે ફેરફાર વડે એક વસ્તુના દેખાવ, આકાર, સ્થિતિ અગર સાધારણ ગુણધર્મોમાં ફેર પડે છે પરંતુ તેનાં બંધારણમાં અને તેના વિશિષ્ટ (characteristic) ગુણધર્મોમાં ફેર પડતો નથી તેવા ફેરફારોને ભૌતિક ફેરફાર કહેવામાં આવે છે.

(A change in the form, shape, state or ordinary properties of a substance is called a physical change, only when the composition and the characteristic properties of the substance remain the same.)

રાસાયણિક ફેરફારની વ્યાખ્યા:—

જે ફેરફાર વડે મૂળ વસ્તુનું બંધારણ સદંતર બદલાઈ જાય અને તેને સ્થળે એક અથવા વધુ તદ્દન નવીન ગુણધર્મોવાળા પદાર્થો પેદા થાય તેવા ફેરફારને રાસાયણિક ફેરફાર કહેવામાં આવે છે.

(A change, by which the constitution of a substance changes entirely and a new substance or substances are produced with quite different properties from the original substance, is called a chemical change.)

ભૌતિક ફેરફારોનો અભ્યાસ ભૌતિકશાસ્ત્ર અથવા પદાર્થવિજ્ઞાન કરે છે અને રાસાયણિક ફેરફારોનો અભ્યાસ રસાયણશાસ્ત્ર કરે છે.

એટલું ખાસ ધ્યાનમાં રાખવાની જરૂર છે કે ભૌતિક અને

(૩) એક કશનળીમાં થેાડો સાધારણુ મંદ નાઈટ્રિક તેજાબ (dilute nitric acid) લેા અને અંદર એક તાંબાનેા નાનેા ટુકડો નાંખેા. નળીને તમારા મેાંથી દૂર રાખેા અને તેમાંથી નીકળતેા વાયુ શ્વાસમાં ન જાય તેની કાળજી રાખેા. એ વાયુનેા રંગ કેવેા છે ? તેજાબમાં તાંબુ ઓગળે છે કે ?, નળીમાં જે પ્રવાહી રહ્યુ છે તેનેા રંગ તપાસેા. હવે આકૃતિ (૨) માં બતાવ્યા મુજબ એ પ્રવાહીને એક પેાર્સલેનની વાડકીમાં ખૂબ તપાવીને વરાળ બનાવી ઊડાડી મૂકેા. હવે જે ઘન પદાર્થ નળીમાં રહ્યો છે તે તાંબાને મળતેા આવે છે ?

(૪) એક મેગ્નેઝિયમ ધાતુના ટુકડાને સ્પિરિટના દીવાની જ્યેાતમાં ધરી રાખેા. એ સળગે એટલે તેમાંથી નીચે પડતેા ભૂકેા જાડા એક કાગળ ઉપર પડવા દેા. એ સફેદ ભૂકાના અને મેગ્નેઝિયમનાં ગુણધર્મોમાં કંઈ સામ્ય છે કે કેમ તે તપાસેા.

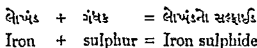
(૫) એક સૂકી ખાંડણીમાં થેાડો સૂકેા ટાર્ટારિક એસિડ લેા અને તેટલેા જ સૂકેા સેાડિયમ બાયકાર્બેાનેટ (ખાવાનેા સેાડા ખાર) લેા અને બંનેને સારી પેઠે મિશ્ર કરેા. એમ કરવાથી કેાઈ ક્રિયા લક્ષમાં આવે છે ? હવે એક કશનળીમાં થેાડું પાણી લઈ થેાડા ટાર્ટારિક એસિડને તેમાં ઓગાળેા. અને એટલેા જ બાઈકાર્બેાનેટ ઑફ સેાડા લઈને બીજી કશનળીમાં ઓગાળેા. એ બન્ને દ્રાવણેાને મિશ્ર કરેા. હવે કેવી ક્રિયા થાય છે ?

ઉપરના પ્રયેાગ (૧) માં માલૂમ પડશે કે ખાંડ કાળી પડી જાય છે. એ કાળેા પડેલેા પદાર્થ ખાંડની પેઠે પાણીમાં ઓગળતેા નથી. એનેા સ્વાદ પણુ ખાંડના જેવેા મીઠેા નથી. એ ફેરફાર ગરમીને લીધે થયેા છે. પ્રયેાગ (૨) માં પારાના ઑકસાઈડ (mercuric oxide) ને તપાવવાથી તેમાંથી એક જાતનેા વાયુ નીકળે છે અને તે વાયુમાં લાકડાના અંગારાવાળેા છેડો ભડકેા લઈ સળગીને બળે છે. વળી નળીના ખુલ્લા છેડાની બાજુએ પારાનું પાતળું પડ બાઝે છે. આ પ્રયેાગમાં પણ ગરમીથી એ ક્ષારનું પારા અને વાયુ (ઑક્સિજન) માં રૂપાંતર થાય છે અને રાસાયણિક ક્રિયા ઉદ્‌ભવે છે. પ્રયેાગ (૩) માં તાંબા ઉપર મંદ નાઈટ્રિક એસિડની અસર સાધા-

૪. રાસાયણિક ક્રિયા (Chemical Action). જેવી રીતે પૃથ્વી ગુરુત્વાકર્ષણ બળને લીધે દરેક પદાર્થને તેનાં મધ્યબિંદુ તરફ આકર્ષે છે અને જેવી રીતે લોહચુંબક લોખંડના ટુકડાને તેના તરફ ખેંચે છે, તેવી જ રીતે ઘણાખરા પદાર્થોમાં યોગ્ય પરિસ્થિતિમાં એકમેકને આકર્ષીને રાસાયણિક ક્રિયા વડે સંયોજિત થવાનો ગુણ રહેલો છે. રાસાયણિક ક્રિયા એટલે વસ્તુનાં બંધારણમાં થતો ફેરફાર. જે પદાર્થો અરસપરસ રાસાયણિક ક્રિયા કરે છે તે પદાર્થો અદ્રશ્ય થાય છે અને તેની જગ્યાએ નવીન ગુણધર્મોવાળા પદાર્થો પેદા થાય છે. કેટલીક વાર માત્ર એક પદાર્થની રાસાયણિક ક્રિયા થવાથી તેમાંથી નવીન ગુણધર્મોવાળા વધુ પદાર્થો પેદા થઈ શકે છે.

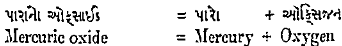
૫. ત્રણ પ્રકારની રાસાયણિક ક્રિયાઓ. રાસાયણિક ક્રિયાને મુખ્યત્વે ત્રણ વિભાગમાં વહેંચી શકાય છે. (૧) સંયોજન (combination), (૨) વિઘટન (decomposition), અને (૩) દ્વિવિઘટન (double decomposition).

(૧) સંયોજનની ક્રિયા પ્રયોગ (૩), (૪), અને (૬) વડે ધ્યાનમાં આવે છે. એ દરેકમાં બે પદાર્થો વચ્ચે રાસાયણિક ફેરફારો થવાથી નવીન પદાર્થ પેદા થાય છે. જો લોખંડ અને ગંધકને મિશ્ર કરવામાં આવે તો કોઈ ફેરફાર જોવામાં આવતો નથી, પરંતુ એ બન્નેને એક કુલડીમાં નાંખી ખૂબ જોરથી તપાવવામાં આવે તો તેમાંથી નવીન ગુણધર્મોવાળો નવો પદાર્થ પેદા થશે.



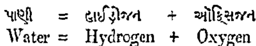
આયર્ન (લોખંડ) સલ્ફાઈડના ગુણધર્મો લોખંડ તથા ગંધક બન્નેથી જુદા પડે છે.

(૨) વિઘટનની ક્રિયા પ્રયોગ (૨) વડે લક્ષમાં આવે છે. એમાં પારાના ઑક્સાઇડનાં બે તત્ત્વો રાસાયણિક ક્રિયાથી છૂટાં પડે છે. એક અદૃશ્ય વાયુ (ઑક્સિજન) બહાર પડે છે અને બીજો પારો નળીનાં મોં આગળ બાઝી જાય છે. એ ફેરફાર નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય,



પારાનો ઑક્સાઇડ = પારો + ઑક્સિજન
Mercuric oxide = Mercury + Oxygen

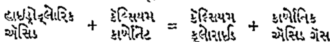
એજ પ્રમાણે જો (સહેજ એસિડવાળાં) પાણીમાંથી વિદ્યુત-પ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે તો તે માંથી પાણીનાં બે તત્ત્વો વિઘટનથી છૂટાં પડે છે.



પાણી = હાઈડ્રોજન + ઑક્સિજન
Water = Hydrogen + Oxygen

(૩) દ્વિવિઘટનના પ્રકારની રાસાયણિક ક્રિયા ઘણાખરા રાસાયણિક ફેરફારોમાં જોવામાં આવે છે. એ જાતની ક્રિયામાં બે અથવા વધું તત્ત્વો ભાગ લે છે, અને તેના પરિણામે બે અથવા તેથી વધુ પદાર્થો બને છે. એ ક્રિયામાં એક પદાર્થનો એક ભાગ બીજા પદાર્થમાંના એકાદ ભાગની જગા લે છે અને બાકી રહેલા ભાગો ઘણીવાર પાછા સંયોજાય છે.

હાઇડ્રોક્લોરિક એસિડ કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ (ચૂનાના પથ્થર અથવા આરસપહાણ) ઉપર ક્રિયા કરે છે ત્યારે એ બે પદાર્થોની જગાએ કેલ્સિયમ ક્લોરાઇડ અને કાર્બોનિક એસિડ (કાર્બન ડાયોક્સાઇડ) ગૅસ નામના બે જુદા જ પદાર્થો પેદા થાય છે.



હાઇડ્રોક્લોરિક એસિડ + કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ = કેલ્સિયમ ક્લોરાઇડ + કાર્બોનિક એસિડ ગૅસ

જસત ઉપર હાઇડ્રોક્લોરિક તેજાબ નાંખીએ તો તેજાબનું વિઘટન થઈને હાઇડ્રોજન બહાર નીકળે છે અને એસિડમાંથી

બાકી રહેલાં બીજાં તત્ત્વની સાથે જસતનું સંયેાજન થઈને ઝીંક ક્લોરાઈડ પેદા થાય છે.

ઝીંક + હાઇડ્રોક્લોરિક એસિડ = હાઇડ્રોજન + ઝીંક ક્લોરાઈડ

૬. રાસાયણિક ક્રિયાને આવશ્યક પરિસ્થિતિ. ઉપરની દરેક જાતની રાસાયણિક ક્રિયા ઉદ્‌ભવવાનું કારણ પદાર્થોના ગુણ-ધર્મોનું જ છે. કેટલાક પદાર્થોની વચ્ચે અમુક સંજોગો વચ્ચે રાસાયણિક પ્રીતિ (*chemical affinity*) પેદા થાય છે; અને બીજા કેટલાક સંજોગોમાં એ પ્રીતિ દૂર થાય છે. જુદાજુદા પદાર્થોને ભેળા કરવામાં આવે ત્યારે તેમની વત્તીઓછી પ્રીતિ (affinity) ઉપર આધાર રાખીને સૌથી વધુ પ્રીતિવાળા પદાર્થોનું સંયેાજન પેદા થાય છે.

રાસાયણિક ક્રિયા યેાગ્ય રીતે ચાલે તે માટે આગળ કહ્યું તે પ્રમાણે અમુક પરિસ્થિતિ આવશ્યક છે. મુખ્ય આવશ્યકતા પદાર્થોનેા અરસપરસ સારી પેઠે સંપર્ક (contact) થાય તેની છે. એટલા માટે ઘણીવાર પદાર્થોને ભૂકો બનાવી મિશ્ર કરવા પડે છે અથવા તેમનાં દ્રાવણેા બનાવી ભેળવાં પડે છે. એ ઉપરાંત કેટલીક ક્રિયામાં ક્રિયાને ઉત્તેજિત કરનારા બીજા પદાર્થો (catalyser) પણ નાંખવા પડે છે. યેાગ્ય ટેમ્પરેચર અને યેાગ્ય પ્રમાણમાં પદાર્થોનેા ભેળ કરવેા એ પણ બહુ જરૂરની વસ્તુ છે.

કેટલીક વાર રાસાયણિક ક્રિયાને માટે પ્રકાશ વગેરે ભૌતિક સાધનેાનેા પણ આશરેા લેવેા પડે છે. દા. ત. પાણીનું હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનમાં વિઘટન કરવા વિદ્યુતપ્રવાહની મદદ લેવી પડે છે. ફેાટેાગ્રાફની પ્લેટની ઉપરના રૂપાંના ક્ષારમાં રાસાયણિક ફેરફાર થવા માટે પ્રકાશની આવશ્યકતા છે. અનેક ક્રિયામાં ઉષ્ણતાની મદદ જરૂરી હેાય છે.

સાર

૧ વિશ્વમાં બનતી અનેક જાતની ઘટનાઓમાંથી બે અથવા વધુ પદાર્થોની અરસપરસ થતી ક્રિયાઓ, પદાર્થો શેના બનેલા છે તે, તથા વસ્તુઓના કેટલાક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ રસાયણશાસ્ત્ર કરે છે.

૨. અરસપરસ ક્રિયાથી અથવા બીજાં કારણથી વસ્તુના ગુણધર્મો અગર પરિસ્થિતિમાં ફેરફાર થાય તે ફેરફારો બે પ્રકારના હોય છે:–ભૌતિક અને રાસાયણિક. ભૌતિક ફેરફારોમાં વસ્તુના ગુણધર્મોમાં, પરિસ્થિતિમાં, આકાર અથવા દેખાવમાં ફેર પડે છે, પરંતુ વસ્તુનું મૂળ બંધારણ અને સ્વરૂપ અંતે તેનું તે જ રહે છે. રાસાયણિક ફેરફારમાં ક્રિયા પૂરી થયા પછી મૂળ પદાર્થથી તદ્દન ભિન્ન અને જુદા ગુણધર્મવાળો પદાર્થ પેદા થાય છે. દા. ત. વિદ્યુત પ્રવાહથી ગરમ થતા વીજળીના.દીવાના તારનો દેખાવ, પરિસ્થિતિ વગેરે બદલાય છે, પરંતુ પ્રવાહ બંધ કરીએ એટલે તાર પાછો અસલ સ્થિતિ અને મૂળ ગુણધર્મો પ્રાપ્ત કરે છે. એ ફેરફાર ભૌતિક છે. પારાના ઑક્સાઇડને ગરમ કરીએ તો તેમાંથી ઑક્સિજન અને પારો છૂટાં પડે છે અને મૂળ પદાર્થ અદૃશ્ય થાય છે. આ રાસાયણિક ફેરફાર છે.

૩. એક પ્રવાહી અને બીજી ઘન વસ્તુ હોય તો તે બેની વચ્ચે રાસાયણિક ક્રિયા સરળતાથી થાય છે. બે પ્રવાહી વસ્તુ વચ્ચે પણ ક્રિયા ચાલુ થવાની સરળતા પડે છે. ઘણી સૂકી ઘન વસ્તુઓને માત્ર ભેળવાથી રાસાયણિક ક્રિયા પેદા થતી નથી, પરંતુ તે જ પદાર્થોનાં દ્રાવણોને ભેળવામાં આવે તો ક્રિયા સહેલાઈથી થાય છે.

કેટલીક ક્રિયામાં ઉષ્ણતાની જરૂર પડે છે. કેટલાક પદાર્થોમાં ઉષ્ણતાથી વિઘટન (decomposition) થાય છે. કેટલાક ફેરફારોમાં વિદ્યુત, પ્રકાશ વગેરે ભૌતિક બળોનો આશરો લેવો પડે છે.

૪. રાસાયણિક ક્રિયા ત્રણ પ્રકારની હોય છે. (૧) સંયોજન (combination) દા. ત. Iron + sulphur (તપાવતાં) Iron-sulphide; (૨) વિઘટન (decomposition). દા. ત. રાતા પારાનો ઑક્સાઇડને તપાવતાં પારો + ઑક્સિજન; (૩) દ્વિવિઘટન (double decompo-

sition); દા. ત. હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ અને કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ (આરસપહાણ) ભેગા કરીએ તો બન્ને પદાર્થોનું વિઘટન થાય છે અને પછી રાસાયણિક ક્રિયા પેદા થાય છે અને પરિણામે કેલ્સિયમ ક્લોરાઈડ અને કાર્બન ડાયૉકસાઈડ વાયુ પેદા થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) રસાયણશાસ્ત્ર કોને કહે છે ?

(૨) રાસાયણિક ફેરફાર અને ભૌતિક ફેરફારની વ્યાખ્યા આપો અને બન્ને ફેરફારો વચ્ચે શો ભેદ છે તે દાખલા આપી સમજાવો.

(૩) પારાના ઑક્સાઈડને ગરમ કરીએ તો કેવી રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે ?

(૪) રાસાયણિક ક્રિયાના મુખ્ય પ્રકાર કેટલા? દરેકને દાખલા આપી સમજાવો.

(૫) રાસાયણિક ક્રિયા કેવા પદાર્થોમાં સહેલાઇથી થઈ શકે તે દાખલા આપી સમજાવો.

(૬) ઉષ્ણતા, વિદ્યુત અને પ્રકાશ વડે રાસાયણિક ક્રિયા થાય તેના દાખલા આપો.

પ્રકરણ ૨

રાસાયણિક દ્રવ્યોનું શુદ્ધિકરણ અને વિભાગીકરણ

Purification and Separation of Chemical Substances

૧. **શુદ્ધ દ્રવ્યો.** આગલા પ્રકરણમાં આપણે જોઈ ગયા છીએ કે અમુક જાતની રાસાયણિક ક્રિયા પેદા કરવી હોય તો માત્ર અમુક જાતના પદાર્થોને જ યોગ્ય પરિસ્થિતિમાં ભેળવા પડે છે. રાસાયણિક ક્રિયા કરતા પદાર્થોમાં અશુદ્ધિઓ હોય તો ક્રિયા યોગ્ય રીતે નહિ થશે, એટલુંજ નહિ પરંતુ બીજી ભલતી જ ક્રિયા નજરે પડશે. આથી જે કોઈ પદાર્થ રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લેવાનો હોય તે વિશુદ્ધ પરિસ્થિતિમાં હોવો જોઈએ.

કુદરતી રીતે મળી આવતા ઘણાખરા પદાર્થો શુદ્ધ અવસ્થામાં મળી આવતા નથી. દાખલા તરીકે બજારમાંથી મળતું મીઠું એ તદ્દન શુદ્ધ હોતું નથી. એની અંદર ધૂળ, કચરો વગેરે ભળેલાં હોય છે અને તેથી એ મીઠું મેલું હોય છે. એ જ પ્રમાણે ઘણા પદાર્થોમાં બીજા બીનજરૂરી પદાર્થો ભળેલા હોય છે. રાસાયણિક ક્રિયાને માટે, દવાઓ બનાવવાને માટે અથવા બીજા કોઈ ઉપયોગને માટે જે પદાર્થોની જરૂર પડે તેમને શુદ્ધ બનાવી પછી જ ઉપયોગમાં લેવા જોઈએ.

શુદ્ધ બનાવવા અથવા બે કે વધુ પદાર્થોને છૂટા પાડવા માટે કેટલીક સાધારણ ભૌતિક (physical) રીતો ઉપયોગી નીવડે છે. એ રીતો નીચે બતાવી છે.

૨. **દ્રાવણ (Solution).** એક પાણીના પ્યાલામાં થોડું મીઠું (sodium chloride, સોડિયમ ક્લોરાઈડ) નાંખીને પાણીને

હલાવીએ તો તે ધીમે ધીમે અદૃશ્ય થતું જાય છે. જો ટેમ્પરેચર તેનું તે જ રહે તો તે પ્યાલાનાં પાણીમાં અમુક હદ સુધી મીઠું ઓગળશે વધારાનું મીઠું જેમનું તેમ નીચે પડી રહેશે. અદૃશ્ય થએલું મીઠું પાણીમાં ઓગળી ગયું છે એમ જણાય છે. મીઠું ઓગળેલું પાણી લઈને ચાખી જોતાં ખાતરી થાય છે કે એ પાણીનાં દરેક બીંદુમાં મીઠું પ્રસરેલું છે. જો મીઠું ચોખ્ખું હોય તો પાણીના રંગમાં ફેર પડેલો માલૂમ પડશે નહિ, એટલે ચોખ્ખા પાણીને અને મીઠું ઓગળેલું છે તે પાણીને આપણે સ્વાદ વડે જ પારખી શકીશું.

જે પાણીમાં પદાર્થ એકરૂપ થઈને ભળી ગયેલો છે (એટલે કે ઓગળેલો છે) તે પાણીને દ્રાવણ (solution) કહેવામાં આવે છે. મીઠું ઓગળેલું હોય તેવાં પાણીને મીઠાનું દ્રાવણ (salt solution) કહેવામાં આવે છે.

પાણીને બદલે બીજું પ્રવાહી લઈએ તો તેમાં પણ કેટલાક પદાર્થોને ઓગાળીને દ્રાવણ બનાવી શકાય છે. દા. ત. ગંધક પાણીમાં ઓગળતો નથી, પરંતુ કાર્બન ડાઈસલ્ફાઈડ નામનાં પ્રવાહીમાં ઓગળે છે.

પ્રવાહીમાં ઓગળી જાય તેવી વસ્તુને **દ્રાવ્ય** (soluble) વસ્તુ કહેવામાં આવે છે, અને ઓગળેલા પદાર્થને **દ્રાવ** (solute) કહેવામાં આવે છે. જે પ્રવાહી વસ્તુને ઓગાળે છે તેને **દ્રાવક** (solvent) કહેવામાં આવે છે.

દ્રાવણની વ્યાખ્યા :—

દ્રાવણ (solution) એટલે બે અથવા વધારે પદાર્થોનું એકરૂપ (homogeneous) મિશ્રણ, જેમાં સામાન્ય રીતે એક પદાર્થ પ્રવાહી (liquid) હોય છે અને બીજો પદાર્થ ઘન, પ્રવાહી અથવા વાયુરૂપ હોય છે, અને જેનાં મિશ્રણનું પ્રમાણ અમુક આપેલી હદની અંદર જ રહે છે.

૩. દ્રાવણના પ્રકાર. પ્રયોગ (૧):—મીઠાનું મંદ, જલદ અને સંપૃક્ત દ્રાવણ બનાવવું (to prepare dilute, concentrated and saturated solution of common salt):—

એક કાચના પ્યાલામાં ૧૦૦ ઘ. સેમિ. પાણી લો. એમાં ચોખ્ખા મીઠાનો એક ગાંગડો અથવા ચપટી ભૂકો નાંખો. પાણીને કાચના સળિયાં વડે હલાવી મીઠાને ઓગાળી દો. પાણીના સ્વાદમાં ફેર પડ્યો છે કે કેમ તેની નોંધ કરો. બહુ થોડા પ્રમાણમાં મીઠું ઓગળેલું હોવાથી એ દ્રાવણને મંદ દ્રાવણ (dilute solution) કહેવામાં આવે છે.

ઉપરના પ્યાલામાં આશરે ૨૦ થી ૨૫ ગ્રામ મીઠું નાંખીને સળિયા વડે હલાવી ઓગાળી દો. એ પાણીનો સ્વાદ ચાખો. પહેલાના કરતાં હવે એ ઘણુ ખારું લાગે છે તેની નોંધ કરો. આમ વધુ પ્રમાણમાં પદાર્થ ઓગળવાથી જે દ્રાવણ બને છે તેને જલદ દ્રાવણ (concentrated solution) કહેવામાં આવે છે.

એ જ પ્યાલામાં ફરી ભરીને બીજું ચોખ્ખું મીઠું નાખો. પાણીને ખૂબ હલાવો. અમુક હદ સુધી મીઠું ઓગળી જશે, પરંતુ બાકીનું મીઠું નીચે ઠરી રહેશે. એ પાણીને બીજા પ્યાલામાં નિતારી (decant) લો. એ બીજા પ્યાલામાંના પાણીમાં મીઠાનો એક મોટો ગાંગડો નાંખો. એ ઓગળી જતો નથી. કારણ શું? જે દ્રાવણમાં આપેલો દ્રાવ્ય પદાર્થ વધુમાં વધુ પ્રમાણમાં ઓગળેલો હોય અને બીજો વધારાનો પદાર્થ જરા પણ ઓગળી શકતો ન હોય તેવાં દ્રાવણને સંપૃક્ત દ્રાવણ (saturated solution) કહેવામાં આવે છે.

ઉપરના પ્રયોગો વડે માલૂમ પડે છે કે દ્રાવણ, મંદ (dilute), જલદ (concentrated) અથવા સંપૃક્ત (saturated) એમ ત્રણ પ્રકારનું હોઈ શકે.

જે દ્રાવણમાં બહુ જ ઓછાં પ્રમાણમાં દ્રાવ (solute) હોય તેને **મંદ દ્રાવણ** (dilute solution) કહેવામાં આવે છે. જેમાં વધુ પ્રમાણમાં દ્રાવ ઓગળેલો હોય તેવાં દ્રાવણને **જલદ દ્રાવણ** (concentrated solution) કહેવામાં આવે છે. જે દ્રાવણમાં

આપેલો પદાર્થ વધુમાં વધું પ્રમાણમાં ઓગળેલો હોય અને જેમાં બીજો વધારાનો પદાર્થ બિલકુલ ઓગળી શકતો ન હોય તેને **સંપૃક્ત દ્રાવણ** (saturated solution) કહેવામાં આવે છે.

૪. દ્રાવકતા (solubility) અને તેના ઉપર ટેમ્પરેચરની અસર. પ્રયોગ (૧):—નાઇટર (સુરોખાર) એટલે પોટાસિયમ નાઇટ્રેટ (*nitre i. e. potassium nitrate*) નામનો ક્ષાર લો અને એક કાચના પ્યાલામાં ૧૦૦ ગ્રામ પાણી લઈ તેમાં એ ક્ષારને બને તેટલો ઓગળો. દ્રાવણ સંપૃક્ત બની રહે પછી બહુ ક્ષાર પ્યાલાનાં તળિયામાં પડી ન રહે તેની કાળજી રાખો. એ દ્રાવણનું ટેમ્પરેચર માપી લો. પ્યાલામાં હવે થોડો નાઇટર ઉમેરો. (જેટલો ક્ષાર ઓગળી ગયો તેટલો બીજો ઉમેરો તો ચાલશે.) હવે પ્યાલાને બર્નર અગર સ્પીરિટના દીવા ઉપર ધીમે તાપે ગરમ કરો. પ્યાલામાંના પાણીને હલાવતા રહો. ૫૦ થી ૬૦° સે. ટેમ્પરેચર થશે. એટલે વધારાનો ક્ષાર ઓગળી ગયેલો માલુમ પડશે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે આપેલાં પ્રવાહીમાં ટેમ્પરેચર વધારવાથી વધુ પ્રમાણમાં ક્ષાર ઓગળી શકે છે.

સો ગ્રામ દ્રાવક (solvent) માં સંપૃક્ત દ્રાવણ બનાવવા માટે જેટલા ગ્રામ પદાર્થ (દ્રાવ, solute) ઓગળી શકે તેને તે ટેમ્પરેચરની દ્રાવકતા (solubility) કહેવામાં આવે છે.

જો ટેમ્પરેચર વધારવામાં આવે તો આપેલાં પ્રવાહીને સંપૃક્ત (saturated) બનાવવા માટે વધુ પદાર્થને ઓગાળવો પડે છે. આથી સમજાય છે કે જે દ્રાવણ સામાન્ય ટેમ્પરેચરે સંપૃક્ત હોય તે ટેમ્પરેચર વધારવાથી સંપૃક્ત રહેતું નથી; અને ઊંચાં ટેમ્પરેચરે તેને સંપૃક્ત બનાવવા માટે વધુ ક્ષાર તેમાં ઓગાળવો પડે છે. ટૂંકમાં, આપણે એમ કહી શકીએ કે જેમ ટેમ્પરેચર વધે છે તેમ દ્રાવક (solvent) ની દ્રાવકતામાં પણ વધારો થાય છે.

મીઠું, ખાંડ, બોરિક પાઉડર, નાઇટર વગેરે દરેક પદાર્થની દ્રાવકતામાં જુદાંજુદાં ટેમ્પરેચરે ફેર પડે છે. પરંતુ નાઇટરની દ્રાવકતામાં ઘણો જ નોંધવા જેવો ફેર પડે છે એટલે પ્રયો

દ્રાવકતામાં થતો ફેરફાર નોંધવા માટે નાઈટર ઉપર પ્રયોગ કરવો ઠીક પડે છે. મીઠાની દ્રાવકતામાં પ્રયોગ વડે નોંધવા જેવો ફેરફાર માલૂમ પડતો નથી.

(પોટાસિયમ ક્લોરેટ અને પોટાસિયમ ક્લોરાઈડ ક્ષારોની દ્રાવકતામાં પણ ટેમ્પરેચર વધતાં ઘણો મોટો ફેર પડે છે.)

નાઈટરની દ્રાવકતા

ટેમ્પરેચર, (°સે)	૦	૨૦	૪૦	૫૦	૮૦	૧૦૦
દ્રાવકતા (ગ્રામમાં)	૧૩·૩	૩૧·૨	૬૩	૧૧૨	૧૭૨ ૨૮	૧૪૭

૫. પ્રવાહીમાં વાયુ ઓગળે છે. હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ ગૅસ, ઍમોનિયા, સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ જેવા વાયુ પાણીમાં સહેલાઈથી ઓગળી જાય છે. ઑક્સિજન અને નાઈટ્રોજન વાયુ સામાન્ય રીતે અદ્રાવ્ય ગણાય છે તે પણ પાણીમાં થોડે અંશે ઓગળે છે. આ ઓગળેલા ઑક્સિજનને માછલી તેમના શ્વાસમાં લઈ શકે છે. વાયુ ઓગળેલો હોય તેવાં પ્રવાહીને ગરમ કરવામાં આવે તો તે વાયુ ઘણુંખરું બહાર નીકળી જાય છે. વાયુમિશ્ર પીણાં (aerated waters) માં કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુને દબાણ કરીને ઓગાળવામાં આવે છે. આપેલાં પ્રવાહી ઉપર હવાનું દબાણ વધારવામાં આવે તો તેમાં વધુ વાયુ ઓગળી શકે છે,

૬. પ્રવાહીમાં પ્રવાહી ઓગળે છે. પ્રયોગ:—પાણીમાં ધીમેધીમે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ મિશ્ર કરો. બન્ને મળી જઈને દ્રાવણ બને છે કે કેમ તે તપાસો. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ રેડતી વખતે કાળજી રાખવાની જરૂર હોય છે કારણ કે જો એકાએક ઍસિડ રેડવામાં આવે તો ખૂબ ગરમી પેદા થઈને કાચનું વાસણ હોય તે તૂટી જાય છે.

પાણીમાં આલ્કોહોલ રેડો. બન્ને છૂટાં રહે છે કે મિશ્ર થઈને દ્રાવણ બને છે?

ઉપરના પ્રયોગો વડે માલૂમ પડશે કે પાણીમાં બીજાં પ્રવાહી ઓગળે છે. આલ્કોહોલ અને પાણી, આલ્કોહોલ અને ઈથર, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને પાણી વગેરે પ્રવાહી એકમેકમાં ભળી જાય છે.

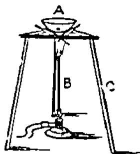
૭. પાણી સિવાયના બીજાં પ્રવાહી પણ વસ્તુને ઓગાળે છે. પાણી બધાં પ્રવાહીમાં સૌથી ઉત્તમ દ્રાવક છે. પાણીમાં ઘણાખરા પદાર્થો ઓછા અથવા વત્તા પ્રમાણમાં ઓગળે છે. બીજાં પ્રવાહીમાં પણ કેટલીક વસ્તુને ઓગાળવાનો ગુણ રહેલો છે. વળી કેટલાક પદાર્થો જે પાણીમાં ન ઓગળી શકતા હોય તે બીજા પ્રવાહીમાં ઓગળી શકે છે.

પ્રયોગો:—આલ્કોહોલમાં ફટકડી (*alum*) દ્રાવ્ય (*soluble*) છે કે નહિ તે તપાસી જુઓ. ફટકડી પાણીમાં ઓગળે છે, આલ્કોહોલમાં નથી ઓગળતી. કપૂર અને લાખ પાણીમાં ઓગળે છે કે?. હવે કપૂર અને લાખને આલ્કોહોલમાં નાંખી જુઓ કે તેમાં ઓગળે છે કે? લાખ અને કપૂર પાણીમાં નથી ઓગળતાં, પરંતુ આલ્કોહોલમાં ઓગળે છે. ગંધક પાણીમાં અથવા આલ્કોહોલમાં ઓગળે છે કે કેમ તે તપાસો. હવે ગંધકને કાર્બન ડાયસલ્ફાઈડ નામનાં પ્રવાહીમાં નાંખી જુઓ કે તેમાં ઓગળે છે કે નહિ. ગંધક પાણીમાં તથા આલ્કોહોલમાં ઓગળતો નથી, પરંતુ કાર્બન ડાયસલ્ફાઈડમાં ઝટ ઓગળી જાય છે. વેસેલિન પાણીમાં ઓગળતું નથી, પરંતુ બેન્ઝિનમાં ઓગળી જાય છે તે પ્રયોગ વડે તપાસી જુઓ. ડામરની ગોળી (નેપ્થેલિન ગોળી) પાણીમાં નથી ઓગળતી, પરંતુ પેટ્રોલમાં ઓગળી જાય છે તેની ખાતરી કરી જુઓ. પૅરેફિન મીણ (paraffin wax) પાણીમાં ઓગળશે નહિ, પરંતુ કેરોસિન અથવા પેટ્રોલમાં ઓગળી જશે.

ઉપરના પ્રયોગો વડે માલૂમ પડે છે કે આલ્કોહોલ, ઈથર, કાર્બન ડાયસલ્ફાઈડ, બેન્ઝિન વગેરે ઘણા પ્રવાહીમાં એક અથવા બીજી વસ્તુ ઓગાળવાનો ગુણ રહેલો છે. રંગો અને વાર્નિસ ઓગાળવા માટે પેટ્રોલ અને એવાં પ્રવાહીનો ઉદ્યોગમાં ઘણો

ઉપયેાગ થાય છે. આલ્કોહોલમાં ઘણી દવાઓ ઓગાળીને ટિંકચરો (tinctures) બનાવવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨.



A પોર્સલેનની બાષ્પીભવન વાટકી, B બર્નર, C ત્રિપાઈ (tripod) સ્ટૅંડ

૮. બાષ્પીભવન (Evaporation).

પ્રયેાગ (૩):—એક છાછરી પોર્સલેનની વાડકી (porcelain evaporation dish) લેા. તેમાં થેાડું મીઠાનું સંપૃક્ત દ્રાવણ રેડેા. એક બર્નર વડે ધીમે તાપે બધું પાણી અદશ્ય થાય ત્યાં સુધી એ વાડકીને તપાવેા. વાડકીમાં પાણી ન રહે પછી અંદર શું રહ્યું છે તે તપાસેા.

(ખાંડનું દ્રાવણ બનાવી એ પ્રમાણે પ્રયેાગ કરી જુઓ. બધું પાણી ઊડી જાય છે કે ?)

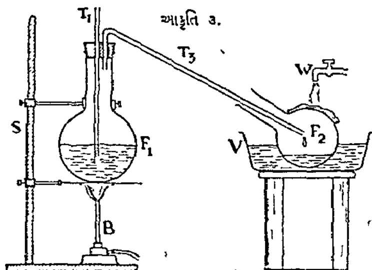
પ્રયેાગ (૪):—મીઠાનું સંપૃક્ત દ્રાવણ બનાવીને એક છાછરી રકાબીમાં થેાડું લેા. એ રકાબીને તાપમાં રાખી મૂકેા. પાણી ઊડી ગયા પછી રકાબીમાં કંઈ બાકી રહેલું માલૂમ પડે છે કે ?

ઉપરના પ્રયેાગ (૩) માં પાણીને ગરમ કરવાથી તેની વરાળ થઈને ઊડી જાય છે. જો પાણીને ઝડપથી ગરમી આપીએ તેા તે ઊકળવા લાગશે અને જલદી વરાળ થઈ ઊડી જશે. આમ પાણી અગર પ્રવાહીના વરાળરૂપ થઈને ઊડી જવાના ઝડપી પ્રકારને બાષ્પીભવન (vaporisation) કહેવામાં આવે છે. પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન થવાથી તેમાં ઓગળેલી ઘન (solid) વસ્તુ જેમને તેમ રહી જાય છે. આથી બાષ્પીભવન ક્રિયા વડે આપણે દ્રાવણમાં રહેલી ઘણીખરી ઘન વસ્તુને પાછી દ્રાવક (solvent) થી છૂટી પાડી શકીએ છીએ. (ખાંડને તેનાં દ્રાવણમાંથી આ પ્રકારે છૂટી પાડી શકાતી નથી. ખાંડને છૂટી પાડવા શૂન્યાવકાશમાં બાષ્પીભવન કરવું પડે છે.)

હવામાં બહુ ભેજ ન હોય તો મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) ગમે તે ટેમ્પરેચરે થાય છે. સૂકી હવા, સૂર્યનો તાપ અને પવન એ ત્રણની મદદથી સમુદ્રનાં પાણીનું બાષ્પીભવન થાય છે. આથી દરિયાનાં પાણીમાંથી મીઠું મેળવવા માટે એ પ્રકારના મંદ બાષ્પીભવનનો ઉપયોગ થાય છે. મીઠાના અગરોમાં સમુદ્રનું પાણી ભરી લઈને સૂર્યના તાપે પ્રયોગ (૪) માં બતાવ્યા મુજબ તેનું બાષ્પીભવન કરવામાં આવે છે. પાણી જેમ ઘટતું જાય તેમ દ્રાવણ સંપૃક્ત બનવાથી તેમાં રહેલું વધારાનું મીઠું મીઠાના કેલાસો રૂપે નીચે ઠરે છે. એ કેલાસોને ઝારીઓ વડે બહાર કાઢી તાપમાં સુકાવા દેવામાં આવે છે.

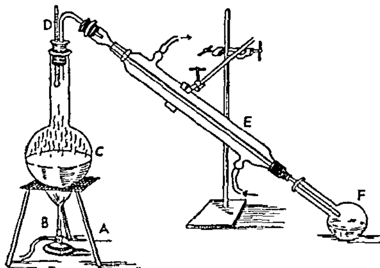
ઓગળેલા પદાર્થોને દ્રાવકથી છૂટા પાડવામાં અને ઘણીવાર પદાર્થોને શુદ્ધ કરવામાં બાષ્પીભવનનો પ્રયોગ ઉપયોગી નીવડે છે.

૯. ડિસ્ટિલેશન (નિસ્યંદન, **Distillation**). પ્રયોગ (૬):– સમુદ્રનાં પાણીમાંથી અગર મીઠાંના દ્રાવણમાથી ચોખ્ખું પાણી મેળવવું:



પ્રયોગશાળામાં વપરાતી નિસ્યંદનની રીત આકૃતિ (૪)માં સમજાવી છે. જે દ્રાવણમાંથી પ્રવાહીને છૂટું પાડવું હોય તેને બરણીમાં રાખીને ઉકાળવામાં આવે છે. પ્રવાહીની જે વરાળ થાય છે તે એક વાંકી નળીદ્વારા E નળીમાંની અંદરની નળી વાટે બહાર જાય છે. બહારની નળીમાંથી તીરથી બતાવ્યા મુજબ નીચેથી ઠંડું પાણી દાખલ થાય છે અને ઉપલી નળી દ્વારા એ પાણી બહાર જાય છે. આ ઠંડાં પાણીનાં પ્રવાહથી અંદરની નળીમાંની વરાળ ઠંડી પડીને દ્રવીભૂત (condense) થાય છે, અને તે પાણી બરણી F માં ભેગું થાગ છે. આ પ્રકારે ઘણી ઝડપથી પાણી અથવા પ્રવાહીનું નિસ્યંદન થઈ શકે છે.

આકૃતિ ૪.



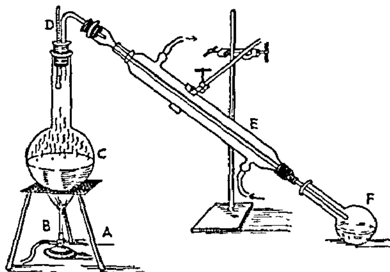
B = બર્નર, A = સ્ટૅન્ડ, C = કાચની બરણી, D = બૂચ જેમાંથી વાંકી કાચની નળી અને થર્મોમિટર પસાર થાય છે, E = દ્વિમાર્ગી નળી, જેમાં બહારની નળીમાં વહેતાં ઠંડા પાણી વડે અંદરની નળીમાથી પસાર થતી વરાળ ઠંડી પડે છે, F = કાચની બરણી, જેમાં નિસ્યંદન થયેલું પાણી અથવા પ્રવાહી ભેગું થાય છે.

એક સ્ટૅંડ S વડે એક બરણી F_1 ને આકૃતિ (૩) માં બતાવ્યા મુજબ પકડી રાખો. એમાં થોડું સમુદ્રનું પાણી અથવા મીઠાનું દ્રાવણ રેડો. F_1 નું મોં બૂચ વડે બંધ કરી એક ઊભી નળી T_1 ને એક દ્રાવણમાં ડૂબેલી રાખો અને બીજી વાંકી નળી T_3 ને પાણીના વાસણ V માં રાખેલી બરણી F_2 માં દાખલ કરો. F_1 ને બર્નર B વડે તપાવો અને F_2 માં દાખલ થતી વરાળને W નળ વડે પાણીની ધાર પાડી ઠંડી કરો. F_2 ઉપર એક કપડાંને રાખવાથી આખી બરણી બરોબર ઠંડી પડે છે. આ પ્રમાણે માત્ર દ્રાવણમાંથી ચોખ્ખાં પાણીની વરાળ F_2 માં દ્રવીભૂત (liquefy) થઈને ભેગી થશે, અને ચોખ્ખું પાણી મળશે. એ પાણીનો સ્વાદ ચાખી જુઓ એમાં મીઠું છે કે?

ઉપરના પ્રયોગ વડે માલૂમ પડશે કે F_1 માંના દ્રાવણમાંના પાણીની વરાળ બનીને બરણી F_2 માં દ્રવીભૂત (liquefy) થાય છે. એ બરણી ઉપર જે ઠંડું પાણી પડે છે તે વરાળની ગરમી લઈ લે છે અને તેથી વરાળનું પાણી બને છે. એ પાણીવી વરાળની સાથે દ્રાવણમાંનું મીઠું ઊડી જતું નથી, પરંતુ તે F_1 માં જ રહી જાય છે. આથી જે પાણી ભેગું થાય છે તે ચોખ્ખું અથવા નિર્મળ છે. આથી જ એ પાણીને ચાખીને જોતાં તેમાં મીઠાનો સ્વાદ આવતો નથી. આ પ્રમાણે પાણીને અથવા બીજાં પ્રવાહીને દ્રાવણમાં રહેલી અશુદ્ધિઓમાંથી છૂટા કરીને વિશુદ્ધ સ્થિતિમાં મેળવી શકાય છે. આ પ્રકારની ક્રિયાને નિસ્યંદન (ડિસ્ટિલેશન, distillation) કહેવામાં આવે છે. આ ક્રિયાથી જે ચોખ્ખું પાણી ભેગું થાય છે તેને ડિસ્ટિલ્ડ વૉટર (distilled water—નિસ્યંદન પાણી) કહેવામાં આવે છે. દરેક પ્રયોગશાળામાં અને દાક્તરોને ડિસ્ટિલ્ડ વૉટરનો ઘણોજ ખપ પડે છે. બીજાં ઘણાં પ્રવાહીઓને પણ આ ક્રિયાથી વિશુદ્ધ કરી શકાય છે. જુદાંજુદાં ટેમ્પરેચરે ઊકળતાં બે પ્રવાહીના ભેળને પણ ટેમ્પરેચરનું નિયમન કરી આ ક્રિયાથી છૂટાં પાડી શકાય છે.

પ્રયોગશાળામાં વપરાતી નિસ્યંદનની રીત આકૃતિ (૪)માં સમજાવી છે. જે દ્રાવણમાંથી પ્રવાહીને છૂટું પાડવું હોય તેને બરણીમાં રાખીને ઉકાળવામાં આવે છે. પ્રવાહીની જે વરાળ થાય છે તે એક વાંકી નળીદ્વારા E નળીમાંની અંદરની નળી વાટે બહાર જાય છે. બહારની નળીમાંથી તીરથી બતાવ્યા મુજબ નીચેથી ઠંડું પાણી દાખલ થાય છે અને ઉપલી નળી દ્વારા એ પાણી બહાર જાય છે. આ ઠંડાં પાણીનાં પ્રવાહથી અંદરની નળીમાંની વરાળ ઠંડી પડીને દ્રવીભૂત (condense) થાય છે, અને તે પાણી બરણી F માં ભેગું થાગ છે. આ પ્રકારે ઘણી ઝડપથી પાણી અથવા પ્રવાહીનું નિસ્યંદન થઈ શકે છે.

આકૃતિ ૪.

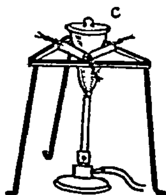


B = બર્નર, A = સ્ટૅંડ, C = કાચની બરણી, D = બૂચ જેમાંથી વાંકી કાચની નળી અને થર્મોમિટર પસાર થાય છે, E = દ્વિમાર્ગી નળી, જેમાં બહારની નળીમાં વહેતાં ઠંડા પાણી વડે અંદરની નળીમાંથી પસાર થતી વરાળ ઠંડી પડે છે, F = કાચની બરણી, જેમાં નિસ્યંદન થયેલુ પાણી અથવા પ્રવાહી ભેગું થાય છે.

૧૦. **સંપ્લવન (sublimation)**. પ્રયોગ:—મીઠાં (common salt, sodium chloride) અને નવસાર (ammonium chloride) ના ભેળમાંથી મીઠાને છૂટું પાડવું:—

એક ઢાંકણાવાળી વાડકીમાં થોડો સોડિયમ ક્લોરાઈડ (મીઠા) નો અને એમોનિયમ ક્લોરાઈડ (નવસાર) નો ભેળ લો (આકૃતિ ૫). એ વાડકીને બર્નર વડે ધીમી જ્યોતથી ગરમ કરો. થોડે વાર પછી ઢાંકણાને ઉઘાડી જુઓ કે વાડકીમાં શું રહ્યું છે અને ઢાંકણા ઉપર શું વળગ્યું છે.

આકૃતિ ૫.



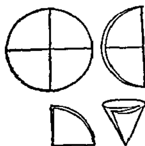
ઉપરના પ્રયોગ વડે માલૂમ પડશે કે મીઠાં અને નવસારના ભેળને ગરમ કરીએ એટલે નવસાર ઘન સ્વરૂપમાંથી સીધો વાયુરૂપ બની જાય છે અને ઉપલાં ઢાંકણા ઉપર ઠંડો પડીને પાછો ઘનસ્વરૂપે વળગી જાય છે. આમ થવાથી મીઠાનું એવું રૂપાંતર થતું નથી એટલે મીઠું વાડકીમાં જ રહી જાય છે અને માત્ર નવસાર તેમાંથી ઊડી જાય છે. આ પ્રકારની ઘટનાનો ઉપયોગ આવી જાતના બે ઘન પદાર્થોને છૂટા પાડવામાં કરી શકાય છે.

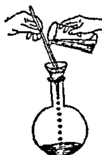
જે ઘન પદાર્થ ગરમ થવાથી પ્રવાહીરૂપ ધારણ કર્યા વિના સીધો વાયુરૂપ બને છે તે જાતની ઘટનાને સંપ્લવન (sublimation) કહેવામાં આવે છે.

કપૂર (camphor), આયોડિન (iodine); એમોનિયમ સલ્ફેટ (ammonium sulphate) વગેરે પદાર્થોનું આ જ પ્રમાણે સંપ્લવન (sublimation) થાય છે.

૧૧. ગાળણ (ફિલ્ટ્રેશન, Filtration). પ્રયોગ —એક ગોળ ગાળણપત્ર (filter paper) લો (આકૃતિ ૬). એ શોષકપત્રને વચ્ચેથી બેવડું વાળો, અને ફરીથી વાળીને ચોવડું બનાવો. હવે એ કાગળના એક પડને આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ ખોલીને શંકુ આકારનો બનાવો. એ શંકુ આકારના કાગળને એક ગળણીમાં બરાબર બાજુએ વળગી રહે તેમ બેસાડો. કાગળ ગળણીની બાજુથી અલગ રહેવો ન જોઈએ. પ્રથમ ગાળણપત્રને સહેજ ભીંજવ્યો હોય તો તેને બેસાડવો ઠીક પડશે.

આકૃતિ ૬.





હવે ત્રણ પ્યાલા લઈને તેમાં નીચેના ત્રણ ભેળ બનાવો. પહેલા પ્યાલામાં થોડી ચોખ્ખી ખાંડ ઓગળો, બીજામાં ખાંડ ઓગાળી અંદર થોડી બારીક રેતી અથવા ધૂળ નાંખો, અને ત્રીજામાં બજારુ મેલાં મીઠાંનું દ્રાવણ બનાવો. દરેકનાં પાણીને સારી પેઠે હલાવો.

હવે એક કાચના સળિયાને અડીને પહેલાં દ્રાવણની ધાર ગળણીમાં ઉતારો. ફિલ્ટર પેપર (ગાળણપત્ર) ઉપર કંઈ રહ્યું છે કે કેમ તે તપાસી જુઓ. દ્રાવણનાં પાણીમાં ખાંડ એકરૂપ થઈ જવાથી તેમજ ખાંડના કણો અત્યંત બારીક થઈ જવાથી દ્રાવણ તેમાં ઓગળેલા પદાર્થ સાથે ગળી જાય છે. ગાળણપત્રમાં બારીક છિદ્રો હોય છે, પરંતુ નરી આંખે તે જોઈ શકતાં નથી. એજ ગળણીમાંથી હવે બીજા દ્રાવણ (રેતી અને ખાંડનાં ભેળવાળાં) ને ગાળો. આ વખતે ગાળણપત્ર ઉપર રેતીના કણો બાઝી રહેલા માલૂમ પડશે. રેતી પાણીમાં દ્રાવરૂપે નથી, પરંતુ માત્ર ભેળરૂપે હોવાથી અને તેના કણો ઘણા મોટા હોવાથી તે ગાળણપત્રમાંથી ગળી શકતી નથી.

હવે બીજું ગાળણપત્ર બદલીને બજારુ મીઠાનાં દ્રાવણને ઉપર મુજબ ગાળી કાઢો. એ દ્રાવણ અંદર રહેલી બારીક ધૂળ અને બીજા કચરાને લીધે

ચણું મેલું લાગે છે. ગાળણપત્રમાંથી ગાળેલું પાણી તપાસતાં માલૂમ પડે છે કે તે તદ્દન નિર્મળ લાગે છે.

ઉપરના પ્રયોગ વડે માલૂમ પડે છે કે જે પદાર્થ દ્રાવણમાં દ્રાવ (solute) તરીકે ઓગળીને રહેલો છે તે પ્રવાહીની સાથે ગાળણપત્રના છિદ્રોમાંથી ગળી જાય છે. રેતી, ધૂળ, અને એવો બીજો કચરો જે પાણીમાં અથવા પ્રવાહીમાં ઓગળતાં નથી તે ગાળણપત્રમાંથી ગળી શકતાં નથી. આથી પાણીમાં અગર બીજાં પ્રવાહીમાં અદ્રાવ્ય (insoluble) કચરો અથવા મેલ રહેલો હોય તેને ગાળણક્રિયા (filtration) થી છૂટો પાડી શકાય છે.

બજારુ મીઠામાંથી ઉપલા પ્રયોગમાં બતાવ્યા મુજબ પ્રથમ ગાળણ વડે કચરો દૂર થઈ શકે છે. એજ પ્રમાણે ઘણીખરી ઓગળી જાય તેવી વસ્તુમાંથી અદ્રાવ્ય પદાર્થ, કચરો અને મેલ દૂર કરવો હોય તો ગાળણક્રિયાનો આસરો લેવો પડે છે. ચાક, કોલસો, ગંધક, રેતી, વગેરે પદાર્થો અદ્રાવ્ય હોવાથી તેમનાં ભેળવાળાં પાણી અથવા દ્રાવણને ગાળવાથી આ પદાર્થો ગાળણ-પત્રમાં રહી જશે.

પ્રયોગઃ—(બજારુ મીઠામાંથી શુદ્ધ મીઠું મેળવવું).

ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે બજારુ મીઠાનું સંપૃક્ત દ્રાવણ બનાવો. એ દ્રાવણને ફિલ્ટર પેપરમાંથી ગાળી કાઢો. એ ગાળેલાં નિર્મળ દ્રાવણને મોટી બાષ્પીભવન વાડકી (evaporating disc) માં (આકૃતિ ૨) રેડીને ધીમે તાપે પાણીની વરાળ થઈને ઊડી જવા દો. વાડકીમાં ચોખ્ખું મીઠું રહેલું માલૂમ પડશે. એ મીઠું મેલ વગરનું અને સફેદ દેખાશે.

૧૨. નિતારણ (Decantation). પ્રયોગઃ—નદીનું મેલું પાણી લાવો અથવા નિર્મળ પાણીમાં થોડી ધૂળ ભેળો અને ડહોળું બનાવો. એ પાણીને લાંબો વખત ઠરવા દો. ઉપર રહેલાં નિર્મળ પાણીને કાળજીપૂર્વક બધું પાણી ડહોળાઈ ન જાય તેની કાળજી રાખી નિતારી લો.

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે કેટલીક અદ્રાવ્ય વસ્તુના રજકણો પ્રવાહીમાં ભેળરૂપે લાંબો વખત રહી શકે છે. એ પ્રવાહીને જો લાંબો વખત હલાવ્યા વિના સ્થિર રહેવા દઈએ તો તેમાં રહેલા અદ્રાવ્ય પદાર્થો ધીમેધીમે નીચે બેસી જશે અને ઉપર નિર્મળ પ્રવાહી રહેશે. કાળજીપૂર્વક એ પ્રવાહીને નિતારી લેવાથી નિર્મળ પ્રવાહી આપણને મળી શકે છે. આ પ્રવાહીને નિતારેલું (decanted) પ્રવાહી કહેવામાં આવે છે.

૧૩. કેલાસીભવન (**Crystallisation**). પ્રયોગ:—એક પ્યાલામાં પાણી ભરીને લગભગ ઊકળે તેટલું ગરમ કરો. એમાં બને તેટલો સુરોખાર (નાઈટર, nitre) ઓગાળો અને સંપૃક્ત દ્રાવણ બનાવો. હવે એ દ્રાવણને બે પહોળા પ્યાલામાં વહેંચી નાંખો. એક પ્યાલાને કાળજીપૂર્વક ઠંડા પાણીમાં મૂકી ઝટ ઠંડો પાડો. બીજા પ્યાલાને હવામાં ખુલ્લો રાખી ધીમેધીમે ઠંડો પડવા દો. બન્ને દ્રાવણમાં ટેમ્પરેચર ઘટવાથી શું પરિણામ આવે છે તેની નોંધ કરો.

ઉપરના પ્રયોગમાંથી માલૂમ પડશે કે ઊંચા ટેમ્પરેચરે સંપૃક્ત દ્રાવણ બનાવ્યું તેમાં જેટલો પદાર્થ ઓગળેલો રહે છે તેટલો પદાર્થ ઓછાં ટેમ્પરેચરે ઓગળેલો રહી શકતો નથી. એટલે સંપૃક્ત દ્રાવણનું ટેમ્પરેચર ઘટાડવાથી તેમાં વધારાનો ઓગળેલો પદાર્થ છૂટો પડી નીચે ઠરવા લાગે છે.

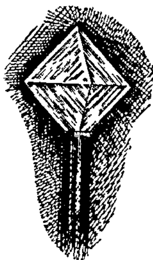
સુરોખાર (નાઈટર), મીઠું, ઍલમ (ફટકડી) અને કોપર સલ્ફેટ જેવા ઓગળેલા પદાર્થો દ્રાવણમાંથી છૂટા પડીને નીચે ઠરે છે ત્યારે તેના કણોના પહેલવાળા આકારો પડે છે. એ પહેલવાળા દાણાને આપણે કેલાસ અથવા સ્ફટિક (crystal) કહીએ છીએ, અને જે પ્રકારે આ કેલાસ અથવા સ્ફટિક તૈયાર થાય છે તે ઘટનાને કેલાસિભવન (crystallisation) કહેવામાં આવે છે. આ પ્રકારે મીઠું, ફટકડી, કોપર સલ્ફેટ (મોરથુથુ), સુરોખાર વગેરે પદાર્થોના કેલાસ બનાવી શકાય છે.

ઉપરના પ્રયોગમાંથી માલૂમ પડશે કે જે દ્રાવણને ઘણું ધીમે ધીમે ઠંડું પાડીએ તેમાં જે કેલાસેા (crystals) બંધાય છે તે જલદી ઠંડા પાડેલાં દ્રાવણમાંના કેલાસેા કરતાં મેાટા હેાય છે. આમ મેાટા કેલાસેા તૈયાર કરવા માટે દ્રાવણને બહુ ધીમે ધીમે ઠંડું પાડવું જરૂરનું છે.

૧૪. **કેલાસ બનાવવાની બીજી રીત.** મીઠાનાં અગરમાં દરિયાનાં પાણીને સૂર્યના તાપે ઊડી જવા દેવાથી બાકી રહેલું દ્રાવણ અતિસંપૃક્ત (supersaturated) થઈ જાય છે એટલે તેમાંથી વધારાનું મીઠું કેલાસરૂપે નીચે ઠરી જાય છે. આ પાણીનું બાષ્પીભવન કરવાથી પણ કેલાસેા બની શકે છે.

કેટલાક પ્રવાહી પદાર્થનું ઘનીભવન કરવામાં આવે ત્યારે પણ કેલાસેા તૈયાર થાય છે. દા. ત. પાણીને ધીમે ધીમે ઠારવામાં આવે તેા બરફના કેલાસેા તૈયાર થાય છે. ગંધકને પ્રવાહી બનાવી ધીમે ધીમે ઠારવામાં આવે તેા ગંધકના કેલાસેા બને છે.

આકૃતિ ૭.



ફટકડીનેા કેલાસ

૧૫. **કેલાસના આકાર અને રંગ.** જુદીજુદી વસ્તુના કેલાસેાના આકાર જુદાજુદા હેાય છે. એ કેટલાકના રંગેા પણ જુદા હેાય છે. એ સર્વ નીચેનાં કેાષ્ટક ઉપરથી જણાશે. કેલાસના આકાર અને રંગ ઉપરથી ઘણી વાર તે પદાર્થને પણ એાળખી શકાય છે.

કેલાસનું નામ	આકાર	રંગ	બીજા ગુણો
મીઠું (સોડિયમ ક્લોરાઇડ)	ઘન આકારના, ૭ બાજુ વાળા (cubic system)	સફેદ	કેલાસીભવનનું જળ હોય છે.
ફટકડી (alum)	,,	સફેદ	,,
મોરથુથુ (copper, sulphate)	વક્ર આઠ બાજુ વાળા (triclinic system	ભૂરો	,,
સુરોખાર (નાઇટર, nitre)	સોય આકારના	સફેદ	,,
ખાંડ	ઘન સમચોરસ-બાજુ વાળો	સફેદ	,,
ગંધક (sulphur)	આઠ વિસમ ચોરસ બાજુવાળો (rhombic)	પીળો	કેલાસીભવનનું જળ હોતું નથી
,,	સોય જેવો (monoclinic)	,,	,,
ગ્રેફાઇટ (કોલસો)	પતરી જેવો	કાળો ચકચકતો,	,,
હિરો (કોલસો)	વિવિધ આકારનો	સફેદ,કાળો ચકચકતો,	,,

૧૫. કેલાસીભવનનું જળ (સ્ફટિકજળ, **Water of Crystallisation**). પ્રયોગઃ—એક કશનળીમાં થોડાક ફટકડીના કેલાસ લો અને તેને ગરમ કરો એમાં કેવી જાતની ક્રિયા માલૂમ પડે છે ? નળીનાં મુખ આગળ પાણીનાં બિંદુ બાઝે છે કે ? કશનળીમાં રહેલી ફટકડી હવે કેલાસનાં સ્વરૂપે રહી છે કે ?

તેમાનું કેલાસીભવનનું જળ ઊડી જાય છે અને તે પદાર્થ ભૂકારૂપ (amorphous) બને છે. એ સાથે બીજો ફેરફાર એ માલૂમ પડે છે કે મોરથુથુનો ભૂરો રંગ ઝાંખો પડીને લગભગ તદ્દન સફેદ થઈ ગયો છે. એ જ પ્રમાણે મૅગ્નેસિઝ ક્લોરાઇડને ગરમ કરવામાં આવે તો તેનો રંગ પણ ઊડી ગયેલો માલૂમ પડશે. આ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે ઘણા કેલાસીભવનના જળવાળા રંગીન કેલાસોના રંગનું કારણ તેમાં રહેલાં પાણીનું છે. એ પાણી ઊડી જતાં તેમના રંગ જતા રહે છે.

૧૬. વિભાગીય કેલાસીભવન (Fractional Crystallisation). પ્રયોગ (૧):—ફટકડી અને કોપર સલ્ફેટ (મોરથુથુ) ના ભૂકાનાં મિશ્રણને વિભાગીય કેલાસીભવન ક્રિયાથી છૂટાં પાડવાં:—

એક પ્યાલામાં થોડું પાણી લઈ ઉકાળો. તેમાં ફટકડી અને મોરથુથુને ઓગાળી સંપૃક્ત (saturated) દ્રાવણ બનાવો. એમાંથી ઉપરના દ્રાવણને છાછરી વાડકીમાં નિતારી લો. એ દ્રાવણને ઠંડું પડવા દો. પ્રથમ કયી વસ્તુના કેલાસ છૂટા પડે છે તેની નોંધ કરો. દ્રાવણને વધુ ઠંડું પડવા દો, અને વધારાના કેલાસો છૂટા પડે તે જુઓ. એ કેલાસોમાંથી ફટકડી અને મોરથુથુનાં કેલાસ વીણીને છૂટા પાડી શકાય છે કે કેમ ?

પ્રયોગ (૨):—બજારુ મીઠામાંથી માત્ર સોડિયમ ક્લોરાઇડ મેળવવું:—

આગળ બજારુ મીઠાને ગાળણવડે શુદ્ધ કરવાનો પ્રયોગ બતાવેલો છે. આ પ્રયોગમાં સમુદ્રનાં મીઠામાં મૅગ્નેઝિયમ ક્લોરાઇડ નામનો બીજો ક્ષાર રહેલો છે તેમાંથી સોડિયમ ક્લોરાઇડને છૂટા પાડવાની રીત બતાવી છે.

બજારુ મીઠુ એટલે મોટા પ્રમાણમાં સોડિયમ ક્લોરાઇડ અને થોડાં પ્રમાણમાં મેગ્નેઝિયમ ક્લોરાઇડનો ભેળ છે. મેગ્નેઝિયમ ક્લોરાઇડ પાણીમાં વધુ દ્રાવ્ય છે. પ્રથમ એ મીઠાનું સપૃક્ત દ્રાવણ બનાવો. એમાંથી પાણી નિતારી છાછરી વાડકીમાં એ પાણીને ધીમે તાપે તપાવી બાષ્પીભવન કરો.

જેમ પાણી ઓછું થતું જાય છે તેમ અંદરથી પ્રથમ સોડિયમ ક્લોરાઈડ છૂટું પડે છે, મૅગ્નેઝિયમ ક્લોરાઈડ વધુ દ્રાવ્ય હોવાથી દ્રાવણમાંજ રહે છે. લગભગ ૯૦ ટકા મીઠું (સોડિયમ ક્લોરાઈડ) છૂટું પડે ત્યાર પછી જ મૅગ્નેઝિયમ ક્લોરાઈડ પ્રવાહીમાંથી છૂટું પડશે. તે પહેલાં વાડકીમાં રહેલાં દ્રાવણને નિતારી લઈ નીચેના મીઠાને લઈ લેવું. બાકીનાં પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન કરવાથી તેમાં મોટા પ્રમાણમાં મૅગ્નેઝિયમ ક્લોરાઈડ રહી જાય છે.

ઉપરના પહેલા પ્રયોગમાંથી માલૂમ પડશે કે ફટકડીના કેલાસો પહેલા છૂટા પડવા માંડશે. ટેમ્પરેચરના ફેરફાર સાથે મોરથુથું કરતાં ફટકડીની દ્રાવકતામાં ઘણો ઝડપી ફેરફાર થાય છે. આથી ઊંચાં ટેમ્પરેચરે મોરથુથુ કરતાં ફટકડી વધુ ઓગળે છે અને ઓછાં ટેમ્પરેચરે તે પહેલી કેલાસીભૂત (crystallise) થાય છે. દ્રાવણને વધુ ઠંડું પાડવાથી તેમાં ફટકડી અને મોરથુથાના કેલાસો એકી સાથે છૂટા પાડવા લાગશે. ઉપરનું પાણી નિતારી લઈ, કેલાસોને સૂકવીને બન્ને જાતના કેલાસોને વીણીને છૂટા પાડી શકાય છે.

પ્રયોગ (૨) માં સાદું મીઠું પ્રથમ કેલાસીભૂત થાય છે, એટલે ભેળ વિનાનાં મીઠાને પ્રથમ છૂટું પાડી શકાય છે. એમાં પણ દ્રાવકતાના ફેરફારના ગુણનો અને તેને લીધે પેદા થતાં વિભાગીય કેલાસીભવનનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

૧૮. ભેજશોષક (જલાકર્ષક) અને ભેજદ્રાવક પદાર્થો (**Hygroscopic and Deliquescent Substances**). પ્રયોગ (૧):—ઍલ્યુમિના (ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઈડ) ને ૬૦૦° સે. સુધી ખૂબ તપાવીને એક કાચની રકાબી (વૉચ–ગ્લાસ) માં મૂકીને ઝટ તોલો. હવે એ રકાબીને થોડી વાર હવામાં ખુલ્લી રહેવા દો અને પછી ફરીથી એનું વજન કરો. એના વજનમાં વધારો થયેલો શાથી માલૂમ પડે છે? એને પાછો કશનળીમાં મૂકીને ખૂબ તપાવીને પાછું રકાબીમાં મૂકી વજન કરો. પહેલું વજન હતું તેટલુંજ વજન થાય છે કે?

(૨) કળીચૂનાને લઈને ઉપર મુજબ ફરીથી પ્રયોગ કરો.

(૩) કેલ્સિયમ કલોરાઈડ, જલદ ગંધકને તેજાબ, ફોસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઈડ, પોટાસિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ વગેરે પદાર્થોને છાછરી રકાબીમાં ખુલ્લા રાખી જુઓ કે તે સર્વેમાં કેવો ફેરફાર થાય છે. એ સર્વેનાં વજનમાં વધારો થયો છે કે કેમ તે પણ શરુઆતમાં અને થોડી વાર ખુલ્લા રાખ્યા પછી શોધી કાઢો.

ઉપરના સર્વે પ્રયોગો ઉપરથી માલૂમ પડશે કે એમાં દર્શાવેલા સર્વે પદાર્થોને ખુલ્લા રાખવાથી તેમના વજનમાં વધારો થાય છે. એનું કારણ તે સર્વેમાં ભેજ શોષવાનો જે ગુણ રહેલો છે તે છે. હવામાં ભેજ રહેલો હોય છે તેને આ સર્વે પદાર્થો આકર્ષે છે. આથી આવા પદાર્થોને ભેજશોષક અથવા જલાકર્ષક (*hygroscopic*) પદાર્થો કહેવામાં આવે છે. કળીચૂના અને એલ્યુમિનાને તપાવતાં માલૂમ પડે છે કે તેમાંથી ભેજ ઊડી જવાથી તેમનું વજન પાછું તેનું તે જ રહે છે.

આ પદાર્થોનો ઉપયોગ ખાસ કરીને વાયુમાં ભેજ રહેલો હોય તેને દૂર કરવામાં થાય છે. એ પદાર્થ એવો હોવો જોઈએ કે જેથી તેના ઉપર સૂકા કરવાના વાયુની કંઈ રાસાયણિક ક્રિયા ન થાય.

પ્રયોગ (૪):—થોડા સૂકા પોટાસિયમ કાર્બોનેટને એક કાચની રકાબીમાં ખુલ્લો રહેવા દો. અર્ધો કલાક પછી તેમાં શું ફેરફાર થયો તે જુઓ.

(૫):—ઉપર પ્રમાણે થોડા કેલ્સિયમ કલોરાઈડને હવામાં ખુલ્લો રાખી મૂકો અને તેમાં શું ફેરફાર થાય તેની નોંધ કરો.

ઉપરના બન્ને પ્રયોગો ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે પોટાસિયમ કાર્બોનેટ અને કેલ્સિયમ ક્લોરાઈડમાં ભેજ શોષવાનો ગુણ રહેલો છે એટલું જ નહિ, પરંતુ એ પદાર્થો એટલો બધો ભેજ શોષે છે કે

નિસ્વ પદાર્થો (efflorescent substances) કહેવામાં આવે છે અને આ પ્રકારની જળ ગુમાવવાની ક્રિયાને નિસ્વતા (efflorescence) કહેવામાં આવે છે.

કેટલીક સામાન્ય ધ્યાનમાં રાખવા લાયક બાબતો :

(૧) એમોનિયમ ક્લોરાઇડ, મીઠું અને રેતીના ભેળને છૂટું પાડવું :—

પ્રથમ એક પોર્સલેન વાડકીમાં એ મિશ્રણને ગરમ કરો. એમોનિયમ ક્લોરાઇડ ઊડી (sublime) જશે અને ઉપલાં ઢાંકણા ઉપર વળગેલું માલૂમ પડશે. હવે વાડકીમાં જે ભેળ રહ્યો છે તેને એક પ્યાલામાં નાખી ખૂબ હલાવો અને એ દ્રાવણનું ગાળણ કરો. રેતી અદ્રાવ્ય હોવાથી ગાળણ-પત્ર ઉપર રહી જશે. નીચે ગળેલાં દ્રાવણમાં હવે માત્ર મીઠું છે. એ દ્રાવણને તપાવીને બાષ્પીભવન કરવાથી મીઠું છૂટું પડશે.

(૨) સમુદ્રના પાણીમાંથી પીવાનું પાણી કેવી રીતે મેળવવું :—

એક બરણીમાં એ પાણીને ઊકાળીને જે વરાળ નીકળે તેને એક વાંકી નળીમાંથી પસાર કરીને બીજી એક ખુલ્લી બરણીમાં દાખલ કરવી. એ બરણી ઉપર ઠંડા પાણીને પડવા દેવું. વરાળ ઠંડી થઈ બરણીમાં ભેગી થશે. સમુદ્રના પાણીમાં રહેલાં મીઠું, રેતી વગેરે પદાર્થો જેમના તેમ રહેશે.

(૩) નીચેના ભેળને કયા પ્રકારથી છૂટા પાડશો :

(अ) રેતી અને મીઠું, (ब) ફટકડી અને કોપર સલ્ફેટ (મોરથુથુ), (क) કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ અને પોટાસિયમ ક્લોરાઇડ.

(अ) રેતી અદ્રાવ્ય છે એટલે ગાળણથી, મીઠું દ્રાવ્ય છે એટલે ગાળણ કરેલાં પાણીનું બાષ્પીભવન કરવાથી. (ब) વિભાગીય કેલાસીભવનથી. (क) કેલ્સિયમ-કાર્બોનેટ અદ્રાવ્ય છે અને પોટાસિયમ ક્લોરાઇડ દ્રાવ્ય છે એટલે 'अ' જેવા પ્રકારે છૂટાં પડશે.

scopic) પદાર્થો કહેવામાં આવે છે. કેલ્સિયમ ક્લોરાઇડ જેવા પદાર્થો ભેજ એટલો બધો શોષે છે કે તેમાં તે ઓગળી જાય છે, આવા ભેજશોષક પદાર્થને ભેજદ્રાવક (deliquescent) પદાર્થ કહેવામાં આવે છે.

પ્રશ્નો

(૧) નિતારણ (decantation), ગાળણ (filtration), કેલાસીભવન (crystallisation), બાષ્પીભવન (evaporation), અને નિસ્યંદન (distillation) ક્યારે અને કેવા સજોગોમાં કરવું પડે તે દાખલા આપી સમજાવો.

(૨) બજારુ મીઠામાંથી ચોખ્ખું મીઠું કેમ તૈયાર કરશો ?

(૩) મધદરિયે મીઠું પાણી ખૂટી પડ્યું તો દરિયાના પાણીમાંથી મીઠું પાણી કેમ મેળવશો ?

(૪) નીચેના મિશ્રણની પ્રત્યેક વસ્તુને છૂટી કેમ પાડશો: (અ) મીઠું અને ચાક, (બ) ફટકડી અને મોરથુથુ, (ક) બજારુ મીઠામાંથી મીઠું અને મેગ્નેઝિયમ ક્લોરાઇડ્ અને (ડ) ખાંડ અને રેતી.

(elementary substances) ને **તત્ત્વો** (elements) કહેવામાં આવે છે.

તત્ત્વમાં માત્ર એક જ જાતનો પદાર્થ રહેલો છે, એટલે એનું ગમે તેટલું વિભાજન કરીએ તો પણ તેમાં રહેલો પદાર્થ તેનો તે જ રહે છે અને તેના ગુણધર્મોમાં ફેર પડતો નથી. આવી જાતના મૂળ પદાર્થો (તત્ત્વો)ની સંખ્યા લગભગ ૯૨ છે. જગતમાં નજરે પડતો કોઈ પણ પદાર્થ આ ૯૨ તત્ત્વોના વત્તાંઓછાં પ્રમાણના સંયોગથી, અથવા ભેળથી પેદા થયેલો છે.

ઑક્સિજન, નાઈટ્રોજન, હાઈડ્રોજન, હેલિયમ, બધી મૂળ ધાતુઓ, ફૉસ્ફરસ, સલ્ફર, ક્લોરિન, બ્રોમિન, આયોડિન, કોલસો, સિલિકન, રેડિયમ, યુરેનિયમ, વગેરે તત્ત્વો (elements) છે.

૨. **સંયોજનો (Compounds).** મૅગ્નેઝિયમ ધાતુનાં તારને હવામાં સળગાવીએ તો તે પુષ્કળ ઉષ્ણતા અને પ્રકાશ સાથે બળે છે અને તેની હવામાં રાસાયણિક ક્રિયા થવાથી મૅગ્નેઝિયમ ઑક્સાઇડ નામનો સફેદ ભૂકારૂપ પદાર્થ પેદા થાય છે. એ પદાર્થનો દેખાવ, સ્થિતિ અને ગુણધર્મો મૅગ્નેઝિયમ તથા હવાના વાયુથી જુદી જ જાતના છે. મૅગ્નેઝિયમ ઑક્સાઇડ એક સંયોજન છે.

લોખંડને ભેજવાળી હવામાં લાંબો વખત રાખવાથી તે કટાય છે અને તેને પરિણામે આયર્ન ઑક્સાઇડ (લોખંડનો કાટ) પેદા થાય છે. એમાં પણ લોખંડ અને હવામાં રહેલા ઑક્સિજન વાયુ સાથે ધીમી રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે અને તેથી આયર્ન ઑક્સાઇડ એક સંયોજન છે.

આમ રાસાયણિક વિકારથી જ્યારે બે કે વધુ તત્ત્વોનો અમુક નિયત (fixed) પ્રમાણમાં સંયોગ થાય અને તેના પરિણામે એકરૂપ અને નવાં ગુણધર્મોવાળો પદાર્થ પેદા થાય તેને સંયોજન કહેવામાં આવે છે.

આ પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે ખાંડ અને પથ્થરનો ભૂકો ભૌતિક કળ વડે એટલે કે દ્રાવણ અને ગાળણ ક્રિયા વડે છૂટાં પડી ગયાં છે. વળી એ ભેળમાં આપણે ગમે તેટલી ખાંડ અથવા ગમે તેટલો પથ્થરનો ભૂકો ભેળી શકીએ છીએ. એમાં કોઈ જાતની રાસાયણિક ક્રિયા માલૂમ પડતી નથી. આથી એ બન્નેનો ભેળ તે મિશ્રણ છે અને સંયોજન નથી.

(૨) એક ખાંડણીમાં ત્રણથી ચાર ગ્રામ ગંધક નાંખો અને તેમાં એટલાંજ વજનનો લોખંડનો બારીક વહેર (iron filings) ઉમેરો. એ બન્નેને સારી પેઠે વાટીને મિશ્ર કરો. કંઈ પણ રાસાયણિક ક્રિયા માલૂમ પડતી નથી.

એ ભેળની અંદર એક તેજવાન લોહચુંબકનો છેડો મૂકો. એ છેડાને કંઈ વળગી આવેલું દેખાય છે? એ ભેળમાંથી થોડાક લોખંડના બારીક કણો લોહચુંબકના છેડાને વળગી આવે છે. ચુંબકત્વના આકર્ષણ ગુણથી લોખંડનાં કણો ગંધકના કણોમાંથી માત્ર ભૌતિક ગુણ (physical property) ના બળે છૂટા પડે છે, અને ભેળમાં પણ લોખંડનો ગુણ કાયમ રહે છે. આથી એ બન્ને મિશ્રણરૂપે છે. વધુ ખાતરી કરવા એ ભેળમાંથી થોડાકને એક કશનળીમાં નાંખો. કશનળીમાં થોડું કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડ પ્રવાહી નાંખો. (ગંધક તેમાં ઓગળી જાય તેટલું પ્રવાહીનું ઉમેરવું). એ પ્રવાહીનું ગાળણ કરો. ગાળણપત્ર ઉપર લોખંડ રહેશે. નીચેનાં દ્રાવણનું બાષ્પીભવન કરવાથી ગંધક પાછો મળશે. આ રીતે ભૌતિક ક્રિયા (દ્રાવણ, ગાળણ અને બાષ્પીભવન) વડે લોખંડ અને ગંધક છૂટાં પડે છે. એ ભેળમાં ગંધકનો કાર્બન ડાયસલ્ફાઇડમા ઓગળી જવાનો ગુણ પણ કાયમ રહે છે.

ઉપરના પ્રયોગથી સમજાય છે કે લોખંડ અને ગંધકનો સારી પેઠે ભેળ કરવા છતાં તેમના સ્વતંત્ર ગુણોનો નાશ થતો

મિશ્રણ અને સંયોજનના મુખ્ય તફાવતો

મિશ્રણ	સંયોજન
૧. એની અંદર રહેલા પદાર્થોનું પ્રમાણ ગમે તે હોઈ શકે.	૧. એમાં રહેલા ઘટકો (constituents) નું પ્રમાણ હંમેશાં નિયત (fixed) હોય છે.
૨. એમાં ભાગ લેતા પદાર્થો એકરૂપ હોતા નથી પરંતુ ભિન્નરૂપ (heterogeneous) હોય છે.	૨. સંયોજનમાં ભાગ લેતા પદાર્થો એકરૂપ (homogeneous) બની જાય છે.
૩. એમાં પ્રત્યેક ઘટકના ગુણધર્મો સ્વતંત્ર રહે છે અને મિશ્રણના ગુણધર્મો તેના ઘટકોના સરેરાશ રૂપ હોય છે.	૩. તેના ઘટકોના ગુણધર્મો જતા રહે છે અને સામાન્ય રીતે એ ઘટકોથી તદ્દન જુદા જ ગુણધર્મો વાળો એક જ પદાર્થ બને છે.
૪. એના ઘટકોને સામાન્ય ભૌતિક અથવા યાંત્રિક કળ વડે છૂટા પાડી શકાય છે.	૪. એના ઘટકોને એવી કળથી છૂટા પાડી શકતા નથી.
૫. એના ઘટકો ભળે ત્યારે રાસાયણિક ક્રિયા સામાન્ય રીતે લક્ષમાં આવતી નથી; જેવી કે પ્રકાશ અને ઉષ્ણતાના ફેરફારો.	૫. એના ઘટકો નો ઉષ્ણતા અને પ્રકાશના ફેરફારો સાથે રાસાયણિક સંયોગ થાય છે.

સંયોજન અને મિશ્રણનાં કેટલાંક સાદાં દૃષ્ટાંતો.

(૧) ગન-પાઉડર (બંદૂકનો દારૂ) મિશ્રણ છે, કારણ (૧) એના ઘટકોનું પ્રમાણ ગમે તે હોય છે; (૨) એમાંથી નાઈટર (સુરોખાર) પાણીમાં ઓગળીને ગાળણ અને બાષ્પીભવન કરવાથી છૂટો પડે છે; ગંધક અને કોલસો રહે તેને કાર્બન ડાઈસલ્ફાઇડમાં ઓગળવાથી ગંધક ઓગળે છે. અને એ દ્રાવણનું ગાળણ અને બાષ્પીભવન કરવાથી ગંધક મળે છે, કોલસો છેવટે ગાળણ-પત્ર ઉપર રહી જાય છે; આમ એના ઘટકોને ભૌતિક કળોથી

conductor) છે; ગંધક ઉષ્ણતા અને વિદ્યુતનો મંદ વાહક (bad conductor) છે.

ઉપલા ગુણોના તફાવતને લીધે. જે પદાર્થોમાં સામાન્ય રીતે ઉપર દર્શાવેલા તાંબાના જેવા ગુણો હોય છે તેમને ધાતુ (metals) કહેવામાં આવે છે, અને જે પદાર્થોમાં ઉપર દર્શાવેલા ગંધકના જેવા ગુણો હોય તેને અધાતુ (non-metals) કહેવામાં આવે છે.

ધાતુ અને અધાતુ તત્ત્વોની તૂલના

ધાતુ	અધાતુ
૧ એમને ટીપવાથી અથવા પોલીસ કરવાથી ચળકાટવાળી બનાવી શકાય છે.	૧ એમને ધાતુના જેવો ચળકાટ હોતો નથી. (ઓયોડિન ગ્રેફાઈટ અને હિરો અધાતુ હોવા છતાં ચળકાટવાળો હોય છે.)
૨ એમને અફાળવાથી રણકારવાળો અવાજ આવે છે.	૨ એમાંથી રણકારવાળો અવાજ ઉત્પન્ન થતો નથી
૩ સાધારણ હવામાનની ઉષ્ણતાએ એ નક્કર રહે છે (પારા સિવાય).	૩ એક બે અપવાદ સિવાય ઘણા અધાતુ તત્ત્વો કાં તો પ્રવાહી અગર વાયુરૂપ છે.
૪ પ્રમાણમાં ભારે હોય છે (વિશિષ્ટ ઘનતા વધુ હોય છે.)	૪ એ પ્રમાણમાં હલકા અને ઓછી વિશિષ્ટ ઘનતાવાળાં હોય છે.
૫ કઠ્ઠણ હોય છે. (સોડિયમ, પોટાસિયમ, સીસાં સિવાય).	૫ ઘણુંખરુ પોચાં હોય છે.
૬ ઉષ્ણતા અને વિદ્યુતનાં જલદ-વાહક હોય છે.	૬ કોલસા સિવાય બધા ઉષ્ણતા અને વિદ્યુતનાં મંદવાહક હોય છે.
૭ ધાતુ ટીપીને પતરાં બનાવી શકાય તેવા (ductile) હોય છે અને તેના તાર ખેંચી શકાય છે.	૭ એના તાર ખેંચી શકાતા નથી, તેમજ પતરાં પણ બની શકતાં નથી.

સાર

૧. જે વસ્તુને ગમે તેટલી વિભક્ત કરતાં પણ તેના ગુણધર્મમાં ફેર પડતો નથી તેને તત્ત્વ (element) કહેવામાં આવે છે. સંયેાજન (compound) એક અથવા વધારે તત્ત્વના રાસાયણિક સયેાગથી ઉત્પન્ન થયેલુ હોય છે એના પદાર્થને રાસાયણિક ક્રિયાથી વિભક્ત કરવામાં આવે તેા અંતે તેનુ વિભાજન થવાથી મૂળ તત્ત્વના અણુ છૂટા પડે છે. આ મૂળ પદાર્થોના ગુણધર્મો સયેાજનના ગુણધર્મોથી તદ્દન જુદા હેાય છે.

૨. બે અથવા વધુ દ્રવ્યને સેળભેળ કરવામાં આવે પરંતુ તે દરેકના સ્વતંત્ર ગુણધર્મો તેના તે જ રહે, એ પદાર્થો એકરૂપ ન બને, પદાર્થો વચ્ચે રાસાયણિક ક્રિયા ન થાય અને દરેક દ્રવ્યને ભૌતિક યુક્તિ વડે જુદાં પાડી શકાય તેા તેને મિશ્રણ કહેવામાં આવે છે સયેાજનમાં ભાગ લેતાં પ્રત્યેક દ્રવ્યના ગુણધર્મો કાયમ રહેતા નથી, તેના મૂળ પદાર્થો ભેગા થાય ત્યારે તેમની વચ્ચે રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે, બન્ને દ્રવ્યો એકરૂપ બને છે, અને ભેગાં થયેલાં દ્રવ્યથી જુદા જ ગુણધર્મો પેદા થાય છે, અને સંયેાજનને ભૌતિક યુક્તિ વડે તેના ઘટકેામાં વિભક્ત કરી શકાતુ નથી.

૩. દરેક તત્ત્વને ધાતુ અને અધાતુ એવા બે વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવેલાં છે. એ બેની વચ્ચેના ભેદને ફકરા (૪) માં બતાવ્યા છે. ધાતુની ખાસ ખાસિયત એ છે કે એ ચળકાટવાળી અને રણકાર કરે તેવી હેાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) તત્ત્વ, સંયેાજન અને મિશ્રણ વચ્ચેના ભેદ સમજાવેા અને દરેકના દૃષ્ટાંત આપેા.

(૨) તત્ત્વ અને સયેાજનની વ્યાખ્યા આપેા અને દરેકના દૃષ્ટાંત આપેા.

(૩) લેાખંડ અને ગંધક મેળવવાથી મિશ્રણ અને સંયેાજન ક્યારે બને છે ?

પ્રકરણ ૪

રાસાયણિક ક્રિયાના નિયમો અને રાસાયણિક સંજ્ઞા

Laws of Chemical Reactions and Chemical Symbols

૧. તત્ત્વોના અને સંયોજનોના સૂક્ષ્મ કણો: અણુ અને પરમાણુ (*Molecule and Atom*). ઉપલક દૃષ્ટિથી જોઈએ તો માલૂમ પડે છે કે દરેક ઘન અને પ્રવાહી પદાર્થ અતૂટ (*continuous*) દ્રવ્યનો બનેલો છે. આમ છતાં જો યોગ્ય સાધનો વડે અથવા યોગ્ય ક્રિયાઓ વડે ઘન અથવા પ્રવાહી પદાર્થને બને તેટલા સૂક્ષ્મ ભાગમાં વિભક્ત કરીએ તો એ વિભાજનક્રિયા (process of division) નો અમુક હદે અંત આવશે, દરેક પદાર્થના રજકણુને અમુક નાનામાં નાના સૂક્ષ્મ વિભાગમાં છૂટા પાડ્યા પછી એવા રજકણો મળશે કે જેમને વધુ વિભક્ત કરી શકાય નહિ.

ખુલ્લી રકાબીમાં પાણીનું બાષ્પીભવન થાય છે ત્યારે તે પ્રવાહીનુ વાયુરૂપમાં રૂપાંતર થાય છે. એ રૂપાંતર થતી વખતે એકી સામટો કેટલો પદાર્થ પ્રવાહીમાંથી વાયુરૂપમાં જાય છે? જરા વિચાર કરી જોઈશુ તો માલૂમ પડશે કે પ્રવાહીની વરાળ થાય છે ત્યારે પ્રવાહીના બધા સૂક્ષ્મ કણો એકમેકથી છૂટા પડે છે અને તેથીજ તે વાયુરૂપ ધારણ કરે છે. આમ પ્રવાહી એ અતૂટ પદાર્થ નથી, પરંતુ તે નાના નાના સૂક્ષ્મ કણોનું બનેલુ છે. એ જ પ્રમાણે દ્રાવ્ય વસ્તુને પ્રવાહીમાં ઓગાળીએ ત્યારે તે પદાર્થના સૂક્ષ્મ રજકણો એકમેકથી છૂટા પડી જાય છે.

ત્યારે બીજો પ્રશ્ન એ થાય છે કે પ્રવાહી અને ઘન વસ્તુના એવા નાનામાં નાના રજકણને તેનાથી નાના અને વધુ સૂક્ષ્મ ભાગમાં વિભક્ત કરી શકાય કે કેમ? આનો જવાબ રસાયણશાસ્ત્રની શોધખોળો વડે મળ્યો છે અને તે નીચે મુજબ છે.

કોઈ પણ પદાર્થ અતૂટ (continuous) દ્રવ્યનો બનેલો હોતો નથી. દરેક મૂળ પદાર્થ (તત્ત્વ)ને વિભાગતાં એક નાનામાં

નાનો એવો કણુ મળે છે કે જેને સાધારણુ ભૌતિક કે રાસાયણિક ક્રિયા વડે વધુ સૂક્ષ્મ ભાગમાં વિભક્ત કરી શકાતો નથી. આમ છતાં જે પદાર્થો એ કે તેથી વધુ તત્ત્વોનાં સંયોજનથી પેદા થયેલા હોય છે તેના નાનામાં નાના કણુને તેમાં ભાગ લેતાં તત્ત્વોના કણોમાં વિભકત કરી શકાય છે.

૨. અણુ અને પરમાણુ (Molecules and Atoms). તત્ત્વનો નાનામાં નાનો સૂક્ષ્મ કણુ જે સ્વતંત્ર રીતે રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લઈ શકે છે તેને પરમાણુ (atom) કહેવામાં આવે છે.

સંયોજનનો નાનામાં નાનો સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્વ ધરાવતો અને તે સંયોજનના બધા ગુણુધર્મો ધરાવતો એવો જે કણુ હોય છે તેને અણુ (molecule) કહેવામાં આવે છે.

આમ છતાં તત્ત્વોના પણ અણુ (molecule) હોઈ શકે છે. દા. ત. ઑક્સિજન, ક્લોરિન, નાઈટ્રોજન, હાઈડ્રોજન વગેરે વાયુના સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્વ ધરાવતા અને બીજા પદાર્થોની સાથે સ્વતંત્ર રીતે રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લે તેવા કણો બે પરમાણુના બનેલા હોય છે, અને તેથી તેવા કણોને પણ અણુ (molecule) કહેવામાં આવે છે.

એ ઉપરાંત પરમાણુ અને અણુની નીચેની ખાસીયતો છે.

(૧) પરમાણુને યાંત્રિક કે રાસાયણિક ક્રિયાથી વધુ વિભકત કરી શકાતો નથી. (૨) પરમાણુ તત્ત્વોના જથ્થાના જેવા જ બધા ગુણુધર્મો ધરાવે છે. (૩) એક તત્ત્વોના દરેક પરમાણુ એકબીજાને બધી રીતે મળતા આવે છે અને વજનમાં પણ સરખા હોય છે. (૪) જુદાંજુદાં તત્ત્વોના પરમાણુના ગુણુધર્મો અને વજનો જુદા જ પડે છે. (૫) બે અથવા વધુ પરમાણુના સંયોગથી અણુ પેદા

થાય છે. (૬) અણુને વિભક્ત કરીને તેમાંથી પરમાણુને છૂટાં પાડી શકાય છે. (૭) અણુ જે પદાર્થોના હોય છે તેના સઘળા ગુણધર્મો જાળવી રાખે છે, જ્યારે પરમાણુ માત્ર તત્ત્વોના ગુણધર્મો જાળવી રાખે છે. સંયોજનના ગુણધર્મો તેમના અણુ જાળવી રાખે છે, પરંતુ તેમાંથી વિભક્ત થયેલા પરમાણુના ગુણધર્મો તદ્દન જુદા પડે છે.

એક દૃષ્ટાંતથી ઉપલી હકિકતો બરોબર સમજાવે. આયર્ન સલ્ફાઈડ નામના સંયોજનનો નાનામાં નાનો કણ લઈએ અને તેમાં જો આયર્ન સલ્ફાઈડના બધા ગુણો રહેલા હોય તો તેને અણુ (molecule) કહેવામાં આવે છે. આયર્ન સલ્ફાઈડનો એક અણુ બે પરમાણુનો બનેલો છે: એક અણુ લોખંડ (આયર્ન)નો અને બીજો ગંધક (સલ્ફર) નો. એ અણુ (molecule) ને વધુ વિભક્ત કરીએ તો તેમાંથી લોખંડનો એક કણ અને ગંધકનો એક કણ મળશે, અને તે છૂટા પડેલા કણોમાં આયર્ન સલ્ફાઈડ સંયોજનના ગુણધર્મો રહેતા નથી. એ દરેક કણ તે પરમાણુ. લોખંડના એ કણમાં લોખંડના ગુણો રહેલા છે અને ગંધકમાં તેના રહેલા છે. એ કણોને વધુ વિભક્ત કરી શકાતા નથી, અને તેથી તેમને પરમાણુ (atom) કહેવામાં આવે છે.

પાણીના બે અણુને વિદ્યુત પૃથક્કરણ વડે વિભક્ત કરવામાં આવે તો તેમાંથી ઑક્સિજન તત્ત્વનો એક અણુ (બે પરમાણુથી બનેલો) અને હાઈડ્રોજન તત્ત્વના બે અણુ (દરેક બે પરમાણુથી બનેલા) છૂટા પડે છે.

૨. રાસાયણિક સંજ્ઞા (Chemical Symbols). રાસાયણિક ક્રિયા સરળતાથી દર્શાવી શકાય, અમુક ક્ષારમાં કયાં તત્ત્વો કેટલાં પ્રમાણમાં રહેલાં છે તે સહેલાઈથી જાણી શકાય, અને સંયોજનના રાસાયણિક નામો ટૂંકમાં જણાવી શકાય તેટલા માટે દરેક તત્ત્વને સંજ્ઞા (symbol) વડે દર્શાવવામાં આવે છે. એ સંજ્ઞા રાસાયણિક તત્ત્વનું અસ્તિત્વ દર્શાવે છે તે ઉપરાંત રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લેતાં તત્ત્વનો સંયોજન ભાર (*combining weight*) પણ દર્શાવે

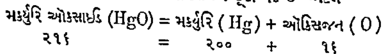
છે. દા. ત. ઓક્સિજન (oxygen) ને O વડે દર્શાવવામાં આવે અને એ જે ક્રિયામાં ભાગ લે છે તેમાં ૧૬ ભાગના વજનનું પ્રમાણ દર્શાવે છે. (આ બાબત નીચેના ફકરામાં સ્પષ્ટ થશે.) આમ H, હાઇડ્રોજન દર્શાવે છે; C, કાર્બન (કોલસો); N, નાઈટ્રોજન; Cl, ક્લોરિન વગેરે.

દશ તત્ત્વોનાં નામ C થી શરૂ થાય છે. એટલે ઘોટાળો ન થાય તેટલા માટે એ તત્ત્વનો C ની પછીનો અક્ષર કેટલાંકમાં સાથે લેવામાં આવે છે. દા. ત. C, (કાર્બન, કોલસો); Ca, (કેલ્સિયમ); Cl, (ક્લોરિન); Co, (કોબાલ્ટ); Cr, (ક્રોમિયમ); અને Cu, (cuprum copper, તાંબું).

કેટલાંક તત્ત્વોનું નામ લેટિન ભાષાનું લઈને તેના પહેલા કે તેથી વધુ અક્ષર વડે દર્શાવવામાં આવે છે. એ સર્વે પાછળ પરિશિષ્ટમાં બતાવ્યાં છે.

૩. સંયોજનોને સંજ્ઞામાં કેવી રીતે દર્શાવવાં. એક તત્ત્વ બીજાં એક અથવા વધારે તત્ત્વોની સાથે રાસાયણિક ક્રિયા વડે સંયોજિત થાય ત્યારે જે સંયોજન (compound) પેદા થાય છે તેને પણ રાસાયણિક સંજ્ઞા વડે દર્શાવી શકાય છે.

દા. ત. HgO એટલે મર્ક્યુરિ ઑકસાઇડ (mercury oxide); એમાં મર્ક્યુરિ (Hg) અને ઑકિસજન (O) એમ બે તત્ત્વો છે; એ ક્ષારને ખૂબ તપાવીએ તો તેમાંથી પારો અને ઑકિસજન છૂટાં પડે છે એટલે



મર્ક્યુરિ ઓકસાઇડ (HgO) = મર્ક્યુરિ (Hg) + ઑકિસજન (O)
૨૧૬ = ૨૦૦ + ૧૬

(ઉપરનું સમીકરણ માત્ર ક્યાં તત્ત્વોથી કયો ક્ષાર બને તે માત્ર સૂચનરૂપે દર્શાવે છે. પૂર્ણ સમિકરણો કેમ લખવાં તે પાછળ બતાવ્યુ છે. વળી એમાં નીચે એ બન્ને તત્ત્વોનું વજનનું પ્રમાણ પણ બતાવ્યું છે.)

ઉપર Hg અને O એ બેને એકમેકની નજીક મૂકવાથી HgO સંજ્ઞા થઈ તે, મર્ક્યુરિ અને ઑક્સિજનથી ઉત્પન્ન થયેલા મર્ક્યુરિ ઑકસાઈડ નામનાં સંયોજનની સૂચક છે. એજ પ્રમાણે NaCl એટલે સોડિયમ ક્લોરાઈડ (મીઠું) CuO એટલે કૉપર ઑકસાઈડ, વગેરે. એ સંજ્ઞા એમ પણ દર્શાવે છે કે HgO સંયોજનના એક અણુ (molecule) માં એક પરમાણુ Hg નો છે અને એક પરમાણુ O નો છે. આમ એક સંયોજનમાં કેટલાં પ્રમાણમાં તત્ત્વોના પરમાણુઓ અરસપરસના સંયોગમાં ભેળા થયેલા છે તે પણ જણાય છે. દરેક પરમાણુનો ભાર નિયત (fixed) હોવાથી દરેક પદાર્થમાં જુદાંજુદાં તત્ત્વોનું ભારનું પ્રમાણ કેટલું છે તે પણ આ સંજ્ઞા ઉપરથી જણાય છે. આમ HgO પદાર્થના ૨૧૬ જેટલા ભારમાં, મર્ક્યુરિ અને ઑક્સિજનનું પ્રમાણ ૨૦૦ : ૧૬ નું છે. એજ પ્રમાણે NaCl (સોડિયમ ક્લોરાઈડ) ના ૫૮.૫ જેટલા ભારમાં સોડિયમ અને ક્લોરિનનું પ્રમાણ ૨૩ : ૩૫.૫ જેટલું છે.

આમ બે તત્ત્વોના અક્કેક અણુના ભેગા થવાથી જે સંયોજન પેદા થાય છે તેનું સંયુકત નામ સામાન્ય રીતે પાછળનાં તત્ત્વને (–ide) આઈડ પ્રત્યય લગાડવાથી મળે છે.

દા. ત. મર્ક્યુરિ + ઑક્સિજન = મર્ક્યુરિ ઑકસાઈડ
mercury + oxygen = *mercury oxide*
સોડિયમ + ક્લોરિન = સોડિયમ ક્લોરાઈડ
sodium + chlorine = sodium chloride

જે સંયોજનમાં એક અથવા વધારે તત્ત્વોના પરમાણુ વત્તાંઓછાં પ્રમાણમાં ભાગ લે છે તેમના એક અણુની અંદર રહેલા પરમાણુની સંખ્યા દર્શાવવા દરેક તત્ત્વની સંજ્ઞાની પાછળ એક નાનો આંકડો મૂકવામાં આવે છે. એ આંકડો એ તત્ત્વના કેટલા

પરમાણુ તે સંયોજનના એક અણુમાં રહેલા છે તે દર્શાવે છે. જો પદાર્થની સંજ્ઞાની આગળ આંકડો લખવામાં આવે તો તે અણુની સંખ્યા દર્શાવે છે.

દા. ત. " H_2O " એ પાણી (hydrogen oxide)ના એક અણુની સૂચક સંજ્ઞા છે, અને એમાં બે પરમાણુ હાઈડ્રોજનના છે અને એક ઓકિસજનનો છે. એ જ પ્રમાણે " Al_2O_3 " એ એલ્યુમિનિયમ ઓકસાઇડનું એક અણુ દર્શાવે છે અને તેમાં એલ્યુમિનિયમના બે પરમાણુ છે અને ઓકિસજનના ત્રણ પરમાણુ છે. $2H_2O$ એમ લખ્યું હોય તો પહેલો ૨ નો આંકડો પાણીના બે અણુનો સૂચક છે, અને એમાં હાઈડ્રોજનના કુલ પરમાણુ ૪ છે અને ઓક્સિજનના ૨ છે.

સામાન્ય રીતે જે સંયોજનમાં એક તત્ત્વના એક અણુ સાથે ઓકિસજનના બે અણુ સંયોજિત થયેલા હોય તેને ઓકસાઇડને બદલે ' ડાયોકસાઇડ (dioxide)' એવો પ્રત્યય લગાડવામાં આવે છે. (દા. ત. SO_2 = સલ્ફર ડાયોકસાઇડ, CO_2 = કાર્બન ડાયાકસાઇડ) અને જો ત્રણ ઓકિસજનના અણુ હોય તો 'ટ્રાયોકસાઇડ (trioxide)' પ્રત્યય લાગે છે. (દા. ત. SO_3 = સલ્ફર ટ્રાયોકસાઇડ). એ ઉપરાંત બીજાં પણ કેટલાંક રૂપો બદલાય છે તે પાછળથી દાખલા આવશે ત્યારે સમજાશે. (di = બે, દ્વિ એવો અર્થ નીકળે છે અને tri = ત્રણ, ત્રિ જેવો અર્થ નીકળે છે). સંજ્ઞાનો ઉચ્ચાર દરેક અક્ષર અને આંકડાનો અનુક્રમે ઉચ્ચાર કરવાથી મળે છે. (દા. ત. SO_2 = એસ, ઓ, ટુ; Al_2O_3 = એ, એલ, ટુ, ઓ, થ્રી.)

નોંધ:—સંયોજનોના નામો, તત્ત્વની સંજ્ઞાઓ, સમીકરણો, વગેરે અંગ્રેજી શબ્દોમાં જ દર્શાવવામાં આવશે, કારણ કે સંજ્ઞાઓ આંતરરાષ્ટ્રિય પરિષદદ્વારા મંજુર થયેલી છે અને દરેક દેશમાં એ જ સંજ્ઞાઓ વપરાય છે; અને સંજ્ઞાઓ સયોજનના નામોની સૂચક હોવાથી સંયોજનોના નામો અને સમીકરણો પણ અંગ્રેજી સંજ્ઞા અને અંગ્રેજી નામો વડે જ દર્શાવવું ઉચિત છે.

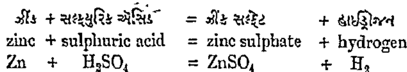
૪. પરમાણુનો ભારાંક (Atomic Weight). આગળ કહ્યું તેમ દરેકે સંજ્ઞા તે તત્ત્વના ભારનું પ્રમાણ પણ દર્શાવે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે પારો ઓકિસજન કરતાં ઘણો ભારે છે. એક પરમાણુ પારાનો લઈએ અને બીજો ઓકિસજનનો લઈએ તો તેમના ભારનું પ્રમાણ અનુક્રમે ૨૦૦ : ૧૬ નું થાય છે. એ જ પ્રમાણે હાઈડ્રોજનના એક પરમાણુ અને ઓકિસજનના એક પરમાણુના ભારનું પ્રમાણ અનુક્રમે ૧ : ૧૬ નું છે. દરેક તત્ત્વના નાના મોટા ભાગની ઘનતા સરખી જ રહે છે એટલે તેમના એક પરમાણુની ઘનતા અથવા વજન પણ સરખું જ રહે છે. એક પરમાણુનું વજન લઈએ તો તે બહુ જ સૂક્ષ્મ હોવાથી સમીકરણો દર્શાવવામાં એ વજન દર્શાવાતું નથી, પરંતુ એકબીજાં તત્ત્વના પરમાણુનાં વજનના ભારનું અરસપરસનું પ્રમાણ જ દર્શાવવામાં આવે છે. એ ભારનું પ્રમાણ (ratio) પણ આંતરરાષ્ટ્રિય પરિષદે નક્કી કરેલું છે અને તેથી એક તત્ત્વના પરમાણુનું ચોક્કસ વજન જાણતા હોઈએ, તો આ પ્રમાણ ઉપરથી દરેક તત્ત્વના પરમાણુનું વજન શોધી કઢાય છે. ઓકિસજનના એક પરમાણુને આધારભૂત લઈ તેનાં વજનને ૧૬ વડે દર્શાવવામાં આવે છે. આ પરમાણુના ભારના પ્રમાણને પરમાણુભારાંક (atomic weight) કહેવામાં આવે છે. પરમાણુભારાંક (atomic weight) તત્ત્વના પરમાણુના ભારનું પ્રમાણ દર્શાવે છે અને ખરો ભાર બતાવતો નથી એ ધ્યાનમાં રાખવાની જરૂર છે. સામાન્ય ઉપયોગમાં આવતાં તત્ત્વોનાં નામ, તેની સંજ્ઞા અને તેનો પરમાણુભારાંક પરિશિષ્ટમાં બતાવવામાં આવ્યાં છે.

૫. રાસાયણિક સમીકરણ. હવે આપણે રાસાયણિક ક્રિયા વડે કેવા ફેરફારો થાય તે માત્ર સમીકરણ વડે પણ દર્શાવીને સમજી શકીશું.

કોલસો	+	ઓક્સિજન	=	કાર્બન ડાયોક્સાઈડ
carbon	+	oxygen	=	carbon dioxide
C	+	O_2	=	CO_2
એક પરમાણુ કાર્બનનો	+	એક પરમાણુ ઓક્સિજનનો	=	એક અણુ કાર્બન ડાયોક્સાઈડનો
12	+	$(16) \times 2$	=	44

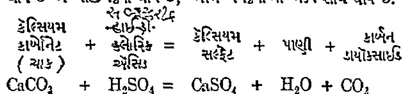
ઉપરના દાખલામાં કોલસો (carbon) અને ઓક્સિજન અરસપરસ રાસાયણિક ક્રિયા કરે છે તે ડાબી બાજુએ લખ્યું છે. (+) ની સંજ્ઞા એમ બતાવે છે કે આ તત્ત્વોની વચ્ચે કોઇ પ્રકારે ક્રિયા થવાથી સંયોગ થાય છે. એ ક્રિયાને પરિણામે જે સંયોજન પેદા થયું છે તે (=) ની સંજ્ઞા વડે જમણી બાજુએ બતાવ્યું છે. જો ક્રિયા વડે એકથી વધુ પદાર્થ પેદા થાય તો તે બન્નેને (+) ની સંજ્ઞા વડે જમણી બાજુએ બતાવવામાં આવે છે. એ ક્રિયા માત્ર ત્રીજી લીટીમાં બતાવ્યા મુજબ ($C + O_2 = CO_2$) વડે જ દર્શાવી શકાય તેમ છે અને ઉપર પાંચ લીટીમાં દર્શાવેલી પ્રત્યેક હકીકતનો સારાંશ માત્ર આ એક લીટી આપે છે. C એટલે ૧૨ પરમાણુભારાંકનો કાર્બન (કોલસા) નો એક પરમાણુ, O_2 એટલે ૧૬ પરમાણુ ભારાંકના ઓક્સિજનના બે પરમાણુથી બનેલો એક અણુ અને CO_2 એટલે ૪૪ અણુભારાંક (molecular weight) નો બનેલો કાર્બન ડાયોક્સાઇડનો એક અણુ. આમ '$C + O_2 = CO_2$' સમીકરણ (૧) પદાર્થનું નામ, (૨) રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લેતાં પરમાણુની સંખ્યાનું પ્રમાણ, (૩) પરમાણુના ભારનું પ્રમાણ અને (૪) રાસાયણિક ક્રિયાનું પરિણામ એમ ચાર બાબતો એકી સાથે દર્શાવે છે. આ પ્રમાણે સમીકરણો દર્શાવવાથી રાસાયણિક ક્રિયાઓ દર્શાવવી બહુ જ સરળ થઈ પડે છે.

બીજાં દૃષ્ટાંતો



ઝીંક	+	સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ	=	ઝીંક સલ્ફેટ	+	હાઇડ્રોજન
zinc	+	sulphuric acid	=	zinc sulphate	+	hydrogen
Zn	+	H_2SO_4	=	$ZnSO_4$	+	H_2

આ ક્રિયામાં H_2 ની જગ્યા Zn લઈ લે છે અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની જગ્યાએ ઝીંક સલ્ફેટ નામનો પદાર્થ બને છે અને હાઇડ્રોજન પેદા થાય છે. આમાં બે પ્રકારની ક્રિયા બને છે. H_2SO_4 નું વિઘટન થવાથી H_2 અને SO_4 છૂટાં પડે છે એ એક ક્રિયા થાય છે અને Zn અને SO_4 નું સંયોજન થાય છે એ બીજી ક્રિયા થાય છે, આમ બે ક્રિયાઓ એકી સાથે થાય છે.



કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ (ચાક)	+	હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ	=	કેલ્સિયમ સલ્ફેટ	+	પાણી	+	કાર્બન ડાયોક્સાઇડ
$CaCO_3$	+	H_2SO_4	=	$CaSO_4$	+	H_2O	+	CO_2

આમાં $CaCO_3$ અને H_2SO_4 બન્નેનું વિઘટન થાય છે અને Ca અને SO_4 સંયુક્ત થાય છે, H_2 અને CO_3 માંથી એક O નું સંયોજન થાય છે અને CO_2 વાયુ બહાર નીકળે છે.

૬. દ્રવ્યસંચયનો સિદ્ધાંત (**Principle of the Conservation of Mass**). જો દરેક રાસાયણિક ક્રિયા એક બંધ વાસણમાં કરવામાં આવે અને જો તેમાંથી કોઈ પદાર્થને બહાર જવાને અથવા બહારના પદાર્થને અંદર દાખલ થવાને માર્ગ ન મળે તો રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લેતાં તત્ત્વોનું કુલ વજન અને રાસાયણિક ક્રિયા પુરી થયા પછીના પદાર્થોનાં કુલ વજનમાં કશો ફેર પડતો નથી. બહુજ કાળજીપૂર્વક પ્રયોગ કરવાથી આ બાબતની ખાતરી થાય છે.

દા. ત. ટીન (કલાઈ) ના એક ટુકડાને એક હવાસુરત વાસણમાં ખૂબ તપાવીએ તો ટીન અને ઑક્સિજનનો સંયોગ થવાથી ટીન ઑ

બને છે. પ્રયોગ શરુ કર્યા પહેલાં એ વાસણનું વજન કરીએ અને પછી કરીએ તેા તે બન્ને વજનેા સરખાં થશે. ઝીંકના થેાડા ટુકડાનું વજન કરી તેના ઉપર થેાડેા મંદ ગંધકનેા તેજાબ વજન કરીને નાંખીએ તેા માલૂમ પડશે કે ઝીંકનું અને સલ્ફ્યુરિક એસિડનું કુલ વજન અને રાસાયણિક ક્રિયા પુરી થયા પછીનું ઝીંક સલ્ફેટનું તથા હાઈડ્રોજનનું વજન સરખાં થાય છે.

ઉપરનાં દૃષ્ટાંતોથી ખાતરી થાય છે કે રાસાયણિક ક્રિયાથી પદાર્થોનાં રૂપ અથવા ગુણધર્મોમાં ફેર પડે છે, પરંતુ જેટલાં વજનના પદાર્થો રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લે છે તેટલાં જ કુલ વજનના પદાર્થો બને છે. રાસાયણિક ક્રિયા વડે તેમાં ભાગ લેતાં દ્રવ્યનાં વજનમાં વધારેા થતેા નથી તેમજ ઘટાડેા પણ થતેા નથી. આને દ્રવ્યસંચય (conservation of mass) નેા સિદ્ધાંત કહેવામાં આવે છે.

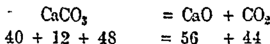
આનું મૂળ કારણ એ છે કે દરેક તત્ત્વનેા પરમાણુ અવિનાશી છે. એ પરમાણુ એક અથવા બીજા પદાર્થમાં બદલાય તેાપણ તેનું અસ્તિત્વ નાબૂદ થતું નથી. આથી આપણે હંમેશાં બે વસ્તુઓ વચ્ચેની ક્રિયાથી કેટલેા પદાર્થ તૈયાર થાય છે તે અથવા એક વસ્તુના વિઘટનથી કેટલાં વજનના છૂટા છૂટા પદાર્થો પેદા થાય છે તે કહી શકીએ છીએ.

ઉપરના નિયમને આધારે ૧૨ ભાગ વજનના કાર્બનનું ૩૨ ભાગ વજન જેટલા ઑક્સિજન સાથે બળવાથી સંયેાજન થાય તેમાંથી ૪૪ ભાગ વજન જેટલેા કાર્બન ડાયેાકસાઈડ પેદા થાય છે.



$$C + O_2 = CO_2$$
$$12 + 2 \times 16 = 44$$

એ જ પ્રમાણે ૧૦૦ ભાગ વજનના કેલ્સિયમ કાર્બોનેટને આપણે ગરમ કરીએ તેા તેમાંથી ૫૬ ભાગ વજનનેા કળીચૂનેા પેદા થશે અને ૪૪ ભાગ વજનનેા કાર્બન ડાયોકસાઈડ વાયુ પેદા થશે.



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$40 + 12 + 48 = 56 + 44$$

આમ અમુક વજનનો પદાર્થ આપ્યો હોય તો તેમાંથી રાસાયણિક ક્રિયા વડે કેટલો પદાર્થ નીપજે છે તે પણ આપણે જાણી શકીએ છીએ.

૭. રાસાયણિક ક્રિયામાંથી કેટલો પદાર્થ પેદા થાય છે તે જાણવું.

(૧) ૪૨ ગ્રામ કોલસાને બાળવાથી કેટલા ગ્રામ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ પેદા થશે ?

આપણે જાણીએ છીએ કે ૧૨ ગ્રામ કાર્બન સાથે ૩૨ ગ્રામ ઑક્સિજન સંયોજિત થાય છે; એટલે ૪૨ ગ્રામ કાર્બન સાથે ૧૧૨ ગ્રામ ઑક્સિજન સંયોજિત થશે.

૪૨ ગ્રામ કાર્બન + ૧૧૨ ગ્રામ ઑક્સિજન = ૧૫૪ ગ્રામ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ.

(૨) ૧૫૦ ગ્રામ ચૂનાના પથ્થર (આરસપહાણ) ને ખૂબ ગરમ કરીએ તો તેમાંથી કેટલો કાર્બન ડાયોક્સાઇડ મળશે ?

૧૦૦ ગ્રામ કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ (ચૂનાનો પથ્થર)
=૫૬ ભાગ કેલ્સિયમ ઑક્સાઇડ + ૪૪ ભાગ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ.

એટલે ૧૫૦ ગ્રામ કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ
= ૮૪ ગ્રામ કેલ્સિયમ ઑક્સાઇડ + ૬૬ ગ્રામ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ.

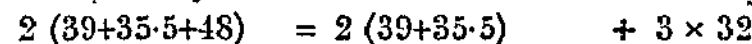
આમ ૧૫૦ ગ્રામ કેલ્સિયમ કાર્બોનેટમાંથી ૬૬ ગ્રામ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ મળે છે.

(૩) ૨૪.૫ ગ્રામ પોટાસિયમ ક્લોરેટને ખૂબ ગરમ કરવાથી કેટલો ઑક્સિજન બહાર પડશે ? (K = 39; Cl = 35·5; અને O = 16).

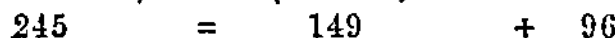
potassium chlorate = potassium chloride + oxygen



$$2KClO_3 = 2\ KCl + 3O_2$$



$$2\ (39+35{\cdot}5+48) = 2\ (39+35{\cdot}5) + 3 \times 32$$

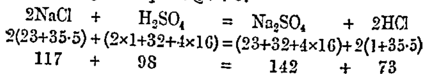


$$245 = 149 + 96$$

આમ ૨૪૫ ગ્રામ પોટાસિયમ ક્લોરેટમાંથી ૯૬ ગ્રામ ઑક્સિજન મળે છે, એટલે ૨૪.૫ ગ્રામ પોટાસિયમ ક્લોરેટમાંથી ૯.૬ ગ્રામ ઑક્સિજન મળશે.

(૪) ૫૮.૫ ગ્રામ મીઠાની ઉપર જલદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (ગંધકનો તેજાબ) નાંખીએ અને બધાં મીઠાનો કેટલો સોડિયમ સલ્ફેટ (Na_2SO_4) બનશે ? (Na = 23, Cl = 35.5. H = 1, S = 32, O = 16).

એ ક્રિયાનું સમીકરણ નીચે મુજબ છે.



$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$
$$2(23+35.5) + (2\times1+32+4\times16) = (23+32+4\times16) + 2(1+35.5)$$
$$117 + 98 = 142 + 73$$

આમ ૧૧૭ ગ્રામ ક્લોરિનમાંથી ૧૪૨ ગ્રામ સોડિયમ સલ્ફેટ પેદા થાય છે, એટલે ૫૮.૫ ગ્રામમાથી ૭૧ ગ્રામ સોડિયમ સલ્ફેટ મળશે.

આ પ્રમાણે બીજાં ગમે તે સમીકરણો ઉપરથી આપેલા પદાર્થમાંથી કેટલો પદાર્થ પેદા થાય તે જાણી શકાશે.

૮. નિયત પ્રમાણનો કાયદો (Law of Definite Proportion). મેગ્નેઝિયમ ધાતુને ઑક્સિજન વાયુમાં બાળીએ તો એ ધાતુ હંમેશાં નીચેનાં વજનના પ્રમાણમાં ઑક્સિજન સાથે સંયોજિત થાય છે:—

મેગ્નેઝિયમ : ઑક્સિજન : : ૧૨.૧૬ : ૮

એટલે કે ૧૨.૧૬ ગ્રામ મેગ્નેઝિયમ ધાતુ ૮ ગ્રામ ઑક્સિજન સાથે સંયોજિત થઈને તેમાંથી મેગ્નેઝિયમ ઑક્સાઈડ પેદા થાય છે.

મેગ્નેઝિયમ ઑક્સાઈડને ગમે તે બીજી રીતે તૈયાર કરીએ તોપણ એ જ પ્રમાણ કાયમ રહે છે. આ પ્રમાણે મેગ્નેઝિયમ ઑક્સાઈડનો ગમે તેટલો જથ્થો તૈયાર કરીએ, ગમે તે રીતે તૈયાર કરીએ અને ગમે ત્યારે તૈયાર કરીએ તોપણ આ પ્રમાણમાં કશો ફરક પડતો નથી.

આ ઉપરથી સમજાય છે કે અમુક રાસાયણિક સંયેાજનની અંદર ભાગ લેતાં ઘટકેા (constituents)નું વજનનું પ્રમાણુ હંમેશાં એકસરખું રહે છે. પદાર્થો અમુક નિયત પ્રમાણુ (fixed proportion) માં એકબીજાં સાથે સંયેાજિત થાય છે.

જો ૧૨·૧૬ ગ્રામ મૅગ્નેઝિયમ ધાતુને ૯ ગ્રામ ઑક્સિજનમાં બાળીએ તેા તેમાંથી ૨૦·૧૬ ગ્રામ મૅગ્નેઝિયમ ઑકસાઈડ પેદા થશે અને ૧ ગ્રામ જેટલેા વધારાનેા ઑક્સિજન જેમનેા તેમ બાકી રહી જશે. એ જ પ્રમાણે જો ૧૩·૧૬ ગ્રામ મૅગ્નેઝિયમ ૮ ગ્રામ ઑક્સિજનમાં બાળીએ તેા પણ ૨૦·૧૬ ગ્રામ મૅગ્નેઝિયમ ઑકસાઈડ પેદા થશે અને ૧ ગ્રામ જેટલું વધારાનું મૅગ્નેઝિયમ બાકી રહી જશે. પદાર્થો ગમે તેટલા લઈએ પરંતુ તેમાંથી જે પદાર્થનું પ્રમાણુ વધારે પડતું હેાય તે વધારાનેા પદાર્થ જેમનેા તેમ બાકી રહે છે.

આ ઉપરથી હવે આપણે નિયત પ્રમાણનેા કાયદેા (law of definite proportion) સમજી શકીએ છીએ.

નિયત પ્રમાણનેા કાયદેા :—

એકજ જાતનાં રાસાયણિક સંયેાજનમાં હંમેશાં અમુક જ તત્ત્વેા ભળેલાં હેાય છે અને સંયેાજનમાં ભાગ લેતાં એ તત્ત્વેાનાં વજનનું પ્રમાણ હંમેશાં તેનું તે જ રહે છે.

A particular chemical compound always contains the same elements united together in the same proportions.

૯. ગુણુક પ્રમાણનેા કાયદેા (**Law of Multiple Proportion**). આપેલાં બે તત્ત્વેા કેટલીક વાર એકથી વધારે પ્રમાણમાં એકબીજાં સાથે સંયેાજિત થાય છે અને જુદાંજુદાં સંયેાજનેા પેદા

કરે છે. આમ સાધારણ રીતે ગંધક અને લોખંડ સંયોજિત થાય ત્યારે તેમનું વજનનું પ્રમાણ અનુક્રમે ૩૨ અને ૫૬ નું હોય છે. આમ છતાં એવું પણ માલૂમ પડે છે કે કેટલાક સંજોગોમાં એ બન્નેનો સંયોગ ૬૪ ભાગ ગંધક અને ૫૬ ભાગ લોખંડનાં વજનનાં પ્રમાણમાં પણ થાય છે. આ રીતે તેના તે જ બે પદાર્થો ભળવાથી બે ચોક્કસ પ્રકારનાં સંયોજનો પેદા થાય છે. એ જ પ્રમાણે કલાઈ (ટીન) ઑક્સિજન સાથે બે જુદાંજુદાં પ્રમાણમાં સંયોજિત થાય છેઃ દા. ત. એકમાં ૧૧ ભાગ ટીન અને ૧૬ ભાગ ઑક્સિજન ભાગ લે છે અને બીજાંમાં ૧૧૮ ભાગ ટીન અને ૩૨ ભાગ ઑક્સિજન ભાગ લે છે. આમ ટીનના બે જુદાજુદા ઑકસાઈડો પેદા થાય છે.

નાઈટ્રોજન અને ઑક્સિજનના જુદાંજુદાં સંયોજનો પેદા થાય છે. તેમનાં વજનનું પ્રમાણ નીચે મુજબ છે.

	નાઈટ્રસ ઑકસાઈડ N_2O	નાઈટ્રિક ઑકસાઈડ N_2O_2	નાઈટ્રોજન ત્રાયૉકસાઈડ N_2O_3	નાઈટ્રોજન પૅરૉક્સાઈડ N_2O_4	નાઈટ્રોજન પૅન્ટૉક્સાઈડ N_2O_5
નાઈટ્રોજન	૨૮	૨૮	૨૮	૨૮	૨૮
ઑક્સિજન	૧૬	૩૨	૪૮	૬૪	૮૦

ઉપરનાં દૃષ્ટાંત ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે જ્યારે બે કે વધુ તત્ત્વો જુદાંજુદાં પ્રમાણમાં સંયોજિત થાય છે ત્યારે તેમાંથી જુદાજુદા પદાર્થો પેદા થાય છે. આમ છતાં જે એક પ્રકારનો પદાર્થ પેદા થાય છે તેમાં ભાગ લેતાં ઘટકોનું પ્રમાણ હંમેશાં તેનું તે જ રહે છે; બીજા પ્રકારના પદાર્થમાં ઘટકોનું પ્રમાણ જુદું હોય છે પરંતુ તે પણ નિયત (fixed) હોય છે. દા. ત. નાઈટ્રસ ઑકસાઈડ (N_2O) માં

નાઈટ્રોજન અને ઓક્સિજનનું પ્રમાણ હંમેશાં ૨૮ ને ૧૬ નું જ રહે છે; તે જ પ્રમાણે નાઈટ્રોજન પેન્ટોક્સાઈડમાં એ પ્રમાણ હંમેશાં ૨૮ થી ૮૦ નું જ રહે છે. આથી ખાતરી થાય છે કે નિયત પ્રમાણનો કાયદો ખોટો પડતો નથી.

ઉપલાં દૃષ્ટાંતમાં લોખંડની સાથે ગંધક જે પ્રમાણમાં સંયોજિત થાય તે પ્રમાણો એકબીજાંની સાથે સરખાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે ગંધકના બે પ્રમાણો ૩૨ અને ૬૪ છે; એટલે કે એકસરખા વજનનાં લોખંડ સાથે સંયોજિત થતાં ઓક્સિજનનું અરસપરસનું પ્રમાણ ૧ : ૨ નું છે.

એ જ પ્રમાણે ૨૮ ભાગના નાઈટ્રોજન સાથે ઓક્સિજન અનુક્રમે નીચેનાં પાંચ પ્રમાણમાં સંયોજાઈને પાંચ જુદાંજુદાં સંયોજનો પેદા કરે છે:—

૧૬ : ૩૨ : ૪૮ : ૬૪ : ૮૦

એટલે કે

૧ : ૨ : ૩ : ૪ : ૫

આ ઉપરથી સમજી શકાય છે કે જે એક જ તત્ત્વનું પ્રમાણ વત્તુંઓછું થાય છે તે પ્રમાણોને અરસપરસ સરખાવતાં તેમનું પ્રમાણ સાદા આંકડા વડે દર્શાવી શકાય છે. આ નિયમને સાદી રીતે નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય છે.

જો બે તત્ત્વો અ અને વ એકમેકની સાથે જુદાંજુદાં પ્રમાણમાં સંયોજિત થાય તો, વ નાં જે જે વજનો અ નાં આપેલાં એક વજનની સાથે સંયોજિત થાય છે તે વજનો સરખાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે તેમનો અરસપરસનો સંબંધ સાદા ગુણોત્તર (ratio) વડે દર્શાવી શકાય છે.

If two elements A and B, combine in different proportions, the relative masses of B, which combine with any fixed mass of A, bear a simple ratio to one another.

૧૦. અરસપરસ પ્રમાણનો કાયદો (Law of Reciprocal Proportion). કાર્બન, સલ્ફર અને ઑક્સિજન એ ત્રણમાંથી બબ્બે પદાર્થોનાં જુદાંજુદાં સંયોજનો લઈએ અને તેમનાં સંયોજનમાં ભાગ લેતા પદાર્થોનાં વજનો સરખાવીએ તો આપણને નીચે મુજબનું પ્રમાણ માલૂમ પડશે.

			વજનનું પ્રમાણ
(૧)	કાર્બન + સલ્ફર	= કાર્બન ડાઈસલ્ફાઈડ,	૧૨ : ૬૪
(૨)	કાર્બન + ઑક્સિજન	= કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ;	૧૨ : ૩૨
(૩)	સલ્ફર + ઑક્સિજન	= સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ;	૩૨ : ૩૨

ઉપરના સમીકરણોમાંથી (૧) અને (૨) લઈએ તો માલૂમ પડે છે કે બન્નેમાં કાર્બનનું પ્રમાણ સરખું જ છે અને એ બન્ને સંયોજનોમાં ૧૨ ભાગ કાર્બન સાથે ૬૪ ભાગ સલ્ફર અને ૩૨ ભાગ ઑક્સિજન સંયોજિત થાય છે. એ ઉપરથી સલ્ફર અને ઑક્સિજનનું પ્રમાણ અનુક્રમે ૬૪ : ૩૨ નું આવે છે એટલે આપણે એમ ધારી શકીએ કે જો સલ્ફર અને ઑક્સિજનનું સંયોજન બને તો તેમનું પ્રમાણ પણ અનુક્રમે ૬૪ : ૩૨ નું હોવું જોઈએ.

હવે (૩) સમીકરણમાંથી આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડમાં સલ્ફર અને ઑક્સિજનનું પ્રમાણ અનુક્રમે ૩૨ : ૩૨ નું છે.

આ પ્રમાણે (૧) અને (૨) ની ગણતરીથી પ્રમાણ

સલ્ફર : ઑક્સિજન :: ૬૪ : ૩૨ :: ૨ : ૧

અને (૩) ઉપરથી

સલ્ફર : ઑક્સિજન :: ૩૨ : ૩૨ :: ૧ : ૧

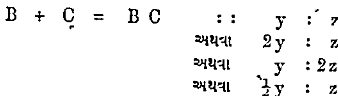
એવાં પ્રમાણે આવે છે.

આ ઉપરથી જોઈ શકીએ છીએ કે (૧) અને (૨) સમીકરણો ઉપરથી ગણતરી કરીને શોધી કાઢેલું પ્રમાણ ૨ : ૧ નું છે, જ્યારે (૩) ઉપરથી ખરેખરું મળતું પ્રમાણ ૧ : ૧ નું છે. આ બે પ્રમાણોની વચ્ચે અરસપરસ સાદા આંકડા વડે દર્શાવી શકાય તેવો સંબંધ છે. આ સંબંધને અરસપરસ પ્રમાણ (reciprocal proportion) નો કાયદો કહેવામાં આવે છે અને તે સાદી રીતે નીચે પ્રમાણે વર્ણવી શકાય છે.

ત્રણ જુદાંજુદાં રાસાયણિક તત્ત્વો A, B અને C લો. હવે ધારો કે અમુક વજનનું A અને B મળીને AB સંયોજન થાય છે, અને તેટલું જ A અને અમુક C મળીને AC સંયોજન થાય છે. હવે જો B અને C મળીને B C સંયોજન થાય તો તેમનાં વજનનું અરસપરસનું પ્રમાણ, A B અને A C સંયોજનમાં રહેલાં B અને C ના પ્રમાણનાં જેટલું અથવા તેની સાથે સાદા આંકડાંના ગુણોત્તર વડે સંબંધ દર્શાવે તેવું હોય છે.

સયોજન		વજનનું પ્રમાણ
A + B = A B	::	x : y
A + C = A C	::	x : z

આ ઉપરથી ઉપલા નિયમને આધારે B અને C મળે તો



$B + C = BC \quad :: \quad y : z$

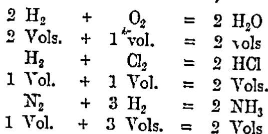
અથવા $2y : z$

અથવા $y : 2z$

અથવા $\frac{1}{2}y : z$

B અને C નું સંયોજન ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ ગમે તે એક પ્રમાણમાં થઈ શકે છે.

૧૦. ગે-લ્યુસેકનો વાયુના કદસંયોજનનો કાયદો (Gay Lussac's Law of Gaseous Combination by Volume). બે વાયુઓ રાસાયણિક ક્રિયા વડે સંયોજિત થાય ત્યારે તેમનાં કદનાં પ્રમાણ અને તેના વડે પેદા થતાં પદાર્થનું કદ ગે લ્યુસેકે માપ્યાં હતાં. તેને નીચેની બાબતો માલૂમ પડી હતી. (વાયુનાં કદ એક જ ટેમ્પરેચરે અને એક જ દબાણે માપ્યાં હતાં.)



$2\ H_2$	+	O_2	=	$2\ H_2O$
2 Vols.	+	1 vol.	=	2 vols
H_2	+	Cl_2	=	2 HCl
1 Vol.	+	1 Vol.	=	2 Vols.
N_2	+	$3\ H_2$	=	$2\ NH_3$
1 Vol.	+	3 Vols.	=	2 Vols

ઉપરનાં દષ્ટાંતો બતાવે છે કે,

જ્યારે વાયુઓ સંયોજિત થાય ત્યારે તેમનાં કદનો અને તેમાંથી ઉત્પન્ન થતાં સંયોજન (વાયુ) ના કદનો અરસપરસનો ગુણોત્તર (ratio) હંમેશાં સાદા આંકડા વડે દર્શાવી શકાય છે. (વાયુનાં કદ એક જ ટેમ્પરેચરે અને એક જ દબાણે માપવાં જોઈએ.)

When two gases unite to form a gaseous compound their volumes taking part in the reaction and

the volume of the resulting substance, bear a simple numerical ratio to each other. (The volumes have to be measured at constant pressure and same temperature.)

આને ગે લ્યુસેકનો વાયુના કદ સંયોજનનો કાયદો કહેવામાં આવે છે.

સાર

૧. રાસાયણિક ક્રિયાને સરળતાથી સમજવા માટે દરેક તત્ત્વને સંજ્ઞા વડે ઓળખવામાં આવે છે. દા. ત. હાઇડ્રોજન–H, ઓકિસજન–O.

૨. જુદાંજુદાં તત્ત્વના પરમાણુનો ભાર વત્તોઓછો હોય છે. એટલે ઓકિસજનના પરમાણુનો ભાર ૧૬ લઈને તેની સાથે બીજા પરમાણુના ભારને સરખાવવામાં આવે છે. એ ભારને પરમાણુભારાંક (atomic weight) કહેવામાં આવે છે.

૩. સંયોજનમાં જુદાંજુદાં તત્ત્વોનો પરમાણુ કેટલા પ્રમાણુમાં ભાગ લે છે તે આંકડા વડે દર્શાવાય છે. દા. ત. પાણી = H_2O = બે ભાગ હાઈડ્રોજન અને એક ભાગ ઓકિસજન.

૪. તત્ત્વનો નાનામાં નાનો એક પરમાણુ (atom) (દા. ત. O) ઘણીવાર સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવી શકતો નથી, પરંતુ બે પરમાણુથી બનેલો કણુ અસ્તિત્વ ધરાવી શકે છે (દા. ત. O_2). એને અણુ (molecule) કહેવામાં આવે છે. સંયોજનનો નાનામાં નાનો કણુને અણુ (molecule) કહેવાય છે.

૫. જે પદાર્થો રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લે છે તેને તથા તેના પરિણામે જે પદાર્થ પેદા થાય તેને સંજ્ઞા વડે દર્શાવીએ તો તેનું સમીકરણ (equation) મળે છે.

૬. તત્ત્વોનાં સંયોજનો અમુક પ્રમાણમાં અને અમુક નિયમને આધારે જ થાય છે. એક તત્ત્વનું પ્રમાણ વધારે હોય અને તેની સાથે બીજું ઓછું

તત્ત્વ ભેળીએ અને તેનું રાસાયણિક સંયોજન થાય તો વધારાનું તત્ત્વ એમને એમ જ રહે છે, અને અમુક પ્રમાણમાંજ તેમનો સંયોગ થાય છે.ગે-લ્યુસેકનો કાયદો નિયત કદના પ્રમાણ સૂચવે છે. નિયત પ્રમાણનો કાયદો કયી સંખ્યામા અણુ ભાગ લે છે તે સૂચવે છે. ગુણક પ્રમાણનો કાયદો એકથી વધારે પ્રમાણમાં બે વસ્તુનો સંયોગ કેવા પ્રમાણમાં થાય તે સૂચવે છે. વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણનો કાયદો ઊલટાસૂલટા પ્રમાણમાં જુદાંજુદાં તત્ત્વોનો કેમ સંયોગ થાય તે દર્શાવે છે. ગે-લ્યુસેકનો કાયદો વાયુરૂપ પદાર્થોના કદ ભેગાં થઈ સંયોજિત થવાથી પેદા થયેલી વસ્તુના કદ સાથેનો સબંધ બતાવે છે.

પ્રશ્નો

(૧) રાસાયણિક સંજ્ઞાનો કાયદો શુ છે ?

(૨) દ્રવ્યસંચય સિદ્ધાંતનો સમજાવો.

(૩) વાયુના સંયોજનનો નિયમ શું છે ? અને એ નિયમ કોણે શોધ્યો ?

(૪) નિયત પ્રમાણના, ગુણક પ્રમાણના અને વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણના કાયદાની ટૂંકમાં સમજૂતી આપો.

પ્રકરણ ૫

હવા (Air)

૧. હવા આપણી આસપાસ ચારે બાજુએ છે. પૃથ્વીની સપાટી ઉપર હવાનો ઘણી ઊંચાઈ સુધીનો સ્તર આવી રહેલો છે. પંખાથી પવન નાંખીએ ત્યારે, પાણીમાં ઊંધો લોટો ડુબાવીએ ત્યારે અને વાવાઝોડાં થાય ત્યારે આપણને સ્પષ્ટ માલૂમ પડે છે કે આપણી આસપાસ બધે દેખાતી ખાલી જગ્યામાં પણ હવા રહેલી છે.

૨. હવાના મુખ્ય ઉપયોગો. આપણે સાધારણ રીતે જાણીએ છીએ કે હવાનો ખાસ ઉપયોગ આપણા શ્વાસોચ્છ્વાસનો છે. હવાના અભાવમાં આપણે જીવી શકીએ નહિ. જમીન ઉપર રહેતાં દરેક જીવંત પ્રાણીને શ્વાસોચ્છ્વાસમાં હવા જોઈએ છે. એ સિવાય વનસ્પતિ પણ હવાના અભાવમાં જીવી શકતી નથી.

હવાના અભાવમાં લાકડું, મીણબત્તી, તેલ, પેટ્રોલ અથવા કેરોસિન બળી શકતું નથી એ આપણે સાધારણ રીતે જાણીએ છીએ. આથી આપણને સમજાય છે કે જો હવા ન હોત તો આ સર્વ પદાર્થોનાં બળવાથી, ઉષ્ણતા, પ્રકાશ અને યાંત્રિકબળ જે આજે આપણને મળી શકે છે તે નહિ મળી શકતે. આમ હવા મનુષ્યને ઘણી ઉપયોગી છે.

૩. હવામાં વસ્તુને ગરમ કરવાથી થતું રૂપાંતર. પ્રયોગ (૧) – આકૃતિ (૨)મા બતાવ્યા મુજબ એક પોર્સલેનની કુલડી (crucible)ને ત્રિપાઈ ઉપર રાખો એમા સીસાનો એક નાનો ટુકડો નાખો હવે એને બર્નર વડે ખૂબ તપાવો સીસામાં કેવો ફેરફાર થાય છે તેની નોધ કરો બધો પદાર્થ પ્રવાહી થઈ રહે એટલે એક લોખડના સળિયા વડે તેને હલાવતા રહો જ્યારે બધુ સીસું ભૂકારૂપ બની રહે ત્યારે એને ગરમ કરવાનુ બધ કરો, કુલડીમાના પદાર્થને તપાસો એ પદાર્થ સીસાની પેઠે પ્રવાહી બનતો નથી. એ પદાર્થ સીસાને

મળતો આવે છે કે કેમ ? આને ઠંડો પાડવાથી પાછું સીસું મળે છે કેમ ? બરફને ગરમ કરી પ્રવાહી અને પછી વરાળ બનાવીએ તેમાં અને આમ સીસાંને ગરમ કરી ભૂકારૂપ બનાવીએ તેમાં કંઈ તફાવત પડે છે કે ?

(૨) :—ઉપરનો પ્રયોગ કલાઈ, અને જસત લઈને કરો અને તેમાં ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ ફેરફાર થાય છે કે કેમ તેની તપાસ કરો.

(૩) :—પ્રયોગ (૧) ની પેઠે ફરીથી પ્રયોગ શરૂ કરો. ભીસાંનું પ્રવાહી બને એટલે તેના ઉપરની છારી દૂર કરીને થોડો ટંકણખાર (બોરેક્ષ, borax) નાંખો, કે જેથી પીગળેલી ધાતુ તેના વડે સપૂર્ણ ઢંકાઈ જાય. હવે ધાતુને લાંબો વખત સુધી ગરમ કરો. હવે પહેલાંની પેઠે સીસાંનો ભૂકો બને છે કે ?

ઉપરના પ્રયોગો વડે માલૂમ પડે છે કે હવામાં સીસાંને તપાવતાં તે પ્રથમ પીગળે છે અને થોડી વાર પછી તેનો ભૂકારૂપ પદાર્થ બની જાય છે. એ ભૂકો સીસાંની પેઠે પીગળી શકતો નથી, કારણ કે એ પાદાર્થ સીસાંથી જુદો છે. આ ફેરફાર માત્ર સીસાંને ગરમ કરવાથી થતો નથી, કારણ કે પ્રયોગ (૩) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે તેમાં સીસું જેમનું તેમ જ રહે છે. એ પ્રયોગમાં ટંકણખારનું પડ ગરમ સીસાં ઉપર બાઝી જાય છે એટલે તેમાં સીસાંનું પડ હવાની સાથે સંપર્ક (contact) માં આવતું નથી. આથી, આપણને સહેજે સમજાય છે કે સીસું, કલાઈ અને જસત એ સર્વને હવામાં ખૂબ ગરમ કરીએ તો તેમાંથી નવીન જાતનો ભૂકારૂપ પદાર્થ પેદા થાય છે. એ પદાર્થમાં મૂળ ધાતુના ગુણધર્મો નથી, એ પદાર્થનો દેખાવ જુદો પડે છે અને એ ભૂકો ગમે તેટલો ગરમ કરવામાં આવે તોપણ પીગળતો નથી.

હવામાં ગરમ કરેલી ધાતુમાં રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે.

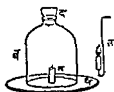
૪. ધાતુને હવામાં બાળવાથી અગર ખૂબ ગરમ કરવાથી તેમનું વજન વધે છે. ઉપરના પ્રયોગ (૧) અને (૨) માં જે

ધાતુને તપાવીએ તેનું વજન કરીએ, અને એ ધાતુને ખૂબ તપાવ્યા પછી બધી ધાતુનો ભૂકો થઈ જાય પછી વજન કરીએ તો માલૂમ પડશે કે ધાતુના ભૂકાનું વજન મૂળ ધાતુના કરતાં વધારે થાય છે.

આ ઉપરથી સમજાય છે કે હવામાંથી કોઈક પદાર્થ ધાતુને ખૂબ ગરમ કરવાથી તેની સાથે સંયોગમાં દાખલ થાય છે અને તેથી જ તે ધાતુનું વજન વધે છે.

૫. હવાના અભાવમાં વસ્તુ બળી શકે ખરી કે ?

આકૃતિ ૯.

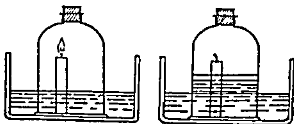


પ્રયોગ (૪):—આકૃતિ (૯) માં બતાવ્યા મુજબ એક સપાટ થાળી ઉપર એક મીણબત્તી મ ને સળગાવો. એક ઘંટાકાર કાચનુ વાસણ (bell jar) બ એ મીણબત્તી ઉપર ઊંધું વાળો મીણબત્તી કેટલો વાર બળે છે તેની નોંધ કરો. હવે બ ના બૂચ દ ને ખોલી એક બળતી મીણબત્તી ત ને વાસણમાં એકદમ ઊંડે દાખલ કરો. એ મીણબત્તી તરત બુઝાઈ જાય છે તેની નોંધ કરો.

એક મીણબત્તી બળતી હોય તેના ઉપર મોટું કાચનું જામ ઊંધું વાળીએ તો તે જરા વાર બળીને બૂઝાઈ જાય છે. એ જ પ્રમાણે લાકડાનાં બળતા અંગારાની ઉપર એક વાડકી ઊંધી વાળીએ તો તે બુઝાઈ જાય છે. સ્પીરિટના દીવાની ઉપર તેનું ઢાંકણું ઢાંકી દઈએ એટલે તરત તે બુઝાઈ જાય છે. એ ઉપરાંત ઉપરના પ્રયોગ (૩) માં બતાવ્યા મુજબ પીગળેલી ધાતુ ઉપર ટંકણખારનું પડ આવે તો તેમાં પણ ધાતુનો ફેરફાર થતો નથી. આ સર્વ ઘટના એમ સ્પષ્ટ બતાવી આપે છે કે વસ્તુને બળવા માટે હવા આવશ્યક છે.

૬. હવામાંથી કેટલો ભાગ વસ્તુને બળવામાં ઉપયોગી હોય છે. પ્રયોગ (૪):—આકૃતિ (૧૦) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચના પહોળાં ખુલ્લાં વાસણમાં પ્રથમ મીણબત્તીને ચોંટાડીને અંદર થોડું પાણી રેડો.

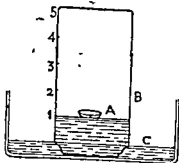
આકૃતિ ૧૦.



હવે મીણબત્તીને સળગાવી તેના ઉપર એક ઘંટાકાર પાત્ર ઊંધું વાળો. મીણબત્તી બળતી બૂઝાઈ જાય છે તેની નોંધ કરો. થોડી વારમાં એ વાસણની અંદર પાણીની સપાટી ઊંચી ચઢે છે તેની નોંધ કરો.

પ્રયોગ (૫):—બાજુની આકૃતિ (૧૧) માં બતાવ્યા મુજબનું ખુલ્લું વાસણ લો. તેમાં પાણી રેડીને તેના ઉપર મધ્યે એક નાની પોર્સલેનની કુલડી (crucible) A ને તરતી મૂકો. હવે તેની અંદર એક ફોસ્ફરસનો બારીક ટુકડો મૂકો.

આકૃતિ ૧૧.



ફોસ્ફરસને હંમેશાં પાણીની અંદર જ રાખવામાં આવે છે કારણ કે એ હવામાં ખુલ્લો થાય એટલે તરત જ સળગી ઊઠે છે. આથી જ્યારે એમાંથી નાનો ટુકડો લેવો હોય ત્યારે પ્રથમ એક ફોસ્ફરસની લાકડીને ચીપિયા વડે પકડીને ઝટ છીછરી રકાબીમાં પાણીની અંદર ડૂબે તેમ રાખવો, હવે તેમાંથી જેવડો જોઈએ તેવડો કટકો પાણીની અંદર જ કાપી કાઢવો. એ નાના ટુકડાને પ્રથમ બહાર કાઢીને એક બ્લોટિંગ કાગળ ઉપર મૂકવો અને ઝડપથી તેને સૂકો બનાવી, ચીપિયા વડે પકડીને ઉપર જણાવેલી કુલડીમાં દાખલ કરવો.

ટુકડો સળગવા માંડે કે તરત તેના ઉપર એક કાચનું વાસણ ઊંધું વાળો.

ધા વાળેલાં વાસણમાં જરૂર પડતી હવા રહે તેટલા માટે તે પુરતું લાંબું ન હોય તો પાણીનાં વાસણમાં ડૂબેલા લાકડાંના ટેકા રાખી તેના ઉપર તેને મૂકવું. કુલડીમાંના ફૉસ્ફરસમાં કેવો ફેરફાર થયો છે તે જુઓ.

થોડીવાર થોભીને પાણી એ વાસણમાં કેટલું ઊંચે ચઢ્યું તેની નોંધ કરો, હવે એ કાચનાં વાસણમાં પ્રથમ રહેલી હવાનો કેટલામો ભાગ બાકી રહ્યો છે તે તથા કેટલો ભાગ વપરાયો છે તેની નોંધ કરો. આકૃતિ (૧૧) માં બતાવ્યા મુજબ હવાનો ⅕ ભાગ વપરાઈ ગયો હશે અને તેની જગ્યાએ તેટલું પાણી દાખલ થયું હશે.

પ્રયોગ (૬):—ઉપલા પ્રયોગમાં ફૉસ્ફરસ બળી રહે પછી બરાબર ઢંકાઈ રહે તેવડી એક કાચની પ્લેટ વડે ઘંટાકાર પાત્રનું તળિયું પાણીમાં જ બંધ કરો. ઝડપથી એ પાત્રને પ્લેટ સાથે ઉઠાવી ઊંધું વાળો. હવે પ્લેટને સહેજ અલગ કરી અંદર બળતી મીણબત્તી ઊતારી જુઓ કે તેમાં તે બળે છે કે કેમ?

પ્રયોગ (૪) વડે સમજાય છે કે હવામાંથી થોડા ભાગનો વાયુ મીણબત્તીનાં બળવાનાં કાર્યમાં વપરાઈ ગયો છે અને એ વાયુનો ભાગ વપરાઈ રહે પછી મીણબત્તી બુઝાઈ જાય છે. બાકી રહેલા વાયુમાં બીજી સળગેલી મીણબત્તી ઊતારીએ તો તેમાં તે તરત જ બુઝાઈ જાય છે. આ ઉપરથી પણ સમજાય છે કે હવામાંથી બળવાને ઉપયોગી વાયુ દૂર થયા પછી બાકી રહેતો વાયુ વસ્તુને બળવામાં મદદ કરતો નથી. વળી ઊંધાં વાસણમાં પાણી ઊંચે ચઢે છે એ ઉપરથી પણ ખાતરી થાય છે કે તેમાંથી થોડા ભાગનો વાયુ વપરાઈ ગયો છે.

પ્રયોગ (૫) વડે હવામાં કેટલો વાયુ વસ્તુને બળવામાં ઉપયોગી છે તેનું પ્રમાણ માલૂમ પડે છે. ફૉસ્ફરસ બળી રહે એટલે તેનો જે ક્ષાર બને છે તે ઘનરૂપ થઈને પાણીમાં ઓગળી જાય છે, એટલે બાકીનો અક્રિય (inactive) વાયુ જ વાસણમાં

રહી જાય છે. (પ્રયોગમાં ફોસ્ફરસનો ટુકડો એવડો હોવો જોઈએ કે જેથી તે ઘંટાકાર પાત્રની બધી હવાનો બળવામાં ઉપયોગ કરે.) કાચના ઊંધાં વાળેલાં વાસણમાં શરૂઆતમાં રહેલી હવાનું કદ અને ફોસ્ફરસ બળી રહ્યા પછીની હવાનું કદ માપતાં માલૂમ પડશે કે આશરે હવાનો $\frac{1}{5}$ ભાગ બળવામાં મદદ કરે છે અને $\frac{4}{5}$ ભાગનો વાયુ જેમનો તેમ રહી જાય છે. એ બાકી રહેલો વાયુ સળગેલી મીણબત્તીને તરતજ બૂઝવી નાંખે છે. (બાકી રહેલાં વાયુનું કદ માપતાં પહેલાં બહારનાં વાસણમાં એટલું બીજું વધારાનું પાણી ઉમેરવું જોઈએ કે જેથી બહારનાં પાણીની અને કાચનાં વાસણમાંનાં પાણીની સપાટી સરખી થાય. આમ કરવાથી અંદર બાકી રહેલા વાયુનું કદ પણ સામાન્ય દબાણે મળી આવશે.)

હવે આપણે જાણીએ છીએ કે હવામાં ઓછામાં ઓછા બે જાતના વાયુ છે. એક જાતનો વાયુ વસ્તુને બળવામાં મદદ કરે છે અને બીજો વાયુ તદ્દન અક્રિય (inactive) રહે છે. બળવામાં મદદ કરતો સક્રિય (active) વાયુ અને બાકીના અક્રિય વાયુનું પ્રમાણ આશરે ૧ : ૪ નું છે.

૭. હવામાં રહેલા વાયુઓ. હવામાં રહેલો જે વાયુ વસ્તુને બળવામાં મદદ કરે છે તેને ઑક્સિજન (oxygen) અથવા પ્રાણવાયુ કહેવામાં આવે છે. જે મોટા પ્રમાણનો અક્રિય વાયુ છે તેને નાઈટ્રોજન (nitrogen) અથવા નત્રવાયુ કહેવામાં આવે છે.

બહુ કુશળતાથી કરેલા પ્રયોગો ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે હવામાં આ બે વાયુ ઉપરાંત બીજા પણ ઘણા વાયુ રહેલા હોય છે. હવામાં પાણીની વરાળ ભેજ રૂપે રહેલી હોય છે તે બાબત આપણે ઝાકળબિંદુના પ્રયોગ વડે, અથવા વરસાદ આવે તેથી સમજી શકીએ છીએ. એ ઉપરાંત હવામાં ચત્તાંઓછાં પ્રમાણમાં કાર્બન ડાયો-

કસાઈડ વાયુ (carbon dioxide) અથવા અંગાર વાયુ રહેલો છે. તે પણ એક સાદા પ્રયોગ વડે સમજી શકાય છે.

પ્રયોગ (૭):—એક કાચની મોટી બરણી લો. તેને પાણીથી ભરીને ખાલવી નાંખો એટલે ઓરડાની હવા તેમાં દાખલ થશે. અંદરનું પાણી બને તેટલું નિતારી કાઢો. હવે તેમાં બહુ થોડું ચૂનાનું નિર્મળ પાણી (clear lime water) રેડો. બરણીને બંધ કરીને એ પાણીને ખૂબ હલાવો. હવે નીચે ભેગા થયેલાં પાણીનો રંગ તપાસો. એ દૂધિયા રંગનું થયું છે કે કેમ? જો આ પ્રયોગથી ધારેલો ફેરફાર ન થાય તો નીચેનો પ્રયોગ કરો.

એક છાછરી રકાબીમાં નિર્મળ ચૂનાનું પાણી રેડીને તે રકાબીને હવામાં લાંબો વખત ખુલ્લી રાખો. એ પાણીની ઉપર સફેદ છારી જેવી પોપડી બાઝેલી માલૂમ પડે છે? પાણીને હલાવતા રહી થોડો વધુ વાર એ પાણીને રહેવા દો. એ ઉપરથી માલૂમ પડશે કે એ પાણી જે તદ્દન નિર્મળ (clear) દેખાતું હતું તે દૂધિયા રંગનું થઈ ગયું છે.

પ્રયોગ (૮):—ઉપરના ફેરફારો શાથી થાય તે સમજવા નીચેનો બતાવેલો પ્રયોગ કરો. એક પ્યાલામાં નિર્મળ ચૂનાનું પાણી લો. તેની અંદર એક પોલી સળી વાટે લાંબો વખત ફૂંક મારો. પાણી દૂધિયા રંગનું થાય છે તેની નોંધ કરો.

ઉપલા બે પ્રયોગ (૭ અને ૮) માં નિર્મળ ચૂનાનું પાણી દૂધિયા રંગનું થાય છે તેનું કારણ આપણા ઉચ્છ્વાસમાં જે કાર્બન ડાયોકસાઈડ રહેલો છે તેનું છે. એ વાયુ ચૂનાનાં પાણીમાં મળે એટલે તેની સાથે રાસાયણિક સંયોગ થવાથી કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ નામનો અદ્રાવ્ય સફેદ ક્ષાર પેદા થાય છે અને તેથી પાણી દૂધિયા રંગનું થાય છે. આ જ કારણથી પ્રયોગ (૭)માં પણ ચૂનાનું નિર્મળ પાણી દૂધિયા રંગનું થાય તેથી આપણને સમજાય છે કે હવામાં કાર્બન ડાયોકસાઈડ વાયુ રહેલો હોવો જોઈએ. હવામાં રહેલા બીજા

કાર્બન ડાયોકસાઈડ વાયુનું પ્રમાણ બહુ થોડું છે; એ બન્ને વાયુમાં પણ કોઈ વસ્તુ સામાન્ય રીતે બળી શકતી નથી. પ્રયોગ (૪) માં મીણબત્તી બળવાથી આ વાયુ પેદા થાય છે અને તેથી એ બાકી રહેલા વાયુમાં એ સામાન્ય હવામાં હોય તેના કરતાં વધુ પ્રમાણમાં પેદા થયેલો હોય છે. આથી એ પ્રયોગ વડે હવામાં રહેલા ઑક્સિજન અને નાઈટ્રોજનનું ખરું પ્રમાણ મળી શકતું નથી.

૮. હવામાં રહેલા વાયુનું પ્રમાણ. હવામાં જુદાજુદા વાયુનું પ્રમાણ સાધારણ રીતે નીચે મુજબ હોય છે.

વાયુનું નામ	૧૦૦ ઘ. ફૂ. હવામાં કદનું પ્રમાણ
	ઘ. ફૂ.
ઑક્સિજન	૨૧
નાઈટ્રોજન	૭૮·૦૩
આર્ગન વગેરે વાયુ, તથા ભેજ	૦·૯૪
કાર્બન ડાયોકસાઈડ	૦·૦૩
કુલ	૧૦૦

જો વજનનું પ્રમાણ કાઢીએ તો ૧૦૦ ગ્રામ હવામાં આશરે ૨૫ ગ્રામ ઓક્સિજન, ૭૪ થી ૭૫ ગ્રામની વચ્ચે નાઈટ્રોજન હોય છે અને બાકીના બીજા વાયુ હોય છે.

૯. હવા સંયોજન નથી પરંતુ મિશ્રણ છે. હવા એ માત્ર ઑક્સિજન, નાઈટ્રોજન અને બીજા વાયુનો ભેળ છે અને સંયોજન નથી એ નીચેની દલીલોથી પુરવાર થઈ શકે છે.

હવા મિશ્રણ છે તેથી	હવા સંયોજન હોત તો
૧. હવામાં જુદેજુદે સ્થળે ઑક્સિજન, નાઈટ્રોજન અને બીજા વાયુઓનું પ્રમાણ સરખું હોતું નથી;	૧. હવામાં રહેલા વાયુઓનું પ્રમાણ ગમે તે જગ્યાએ અને ગમે તે સમયે તેનું તે જ રહેતે;
૨. ચાર ભાગ નાઈટ્રોજન અને એક ભાગ ઑક્સિજનનું મિશ્રણ કરીએ તો તેમાં ઉષ્ણતા કે પ્રકાશના ફેરફાર થતા નથી અને તે ભેળમાં હવાના જેવા જ ગુણો રહેલા છે;	૨. નાઈટ્રોજન અને ઑક્સિજનને ભેળવાથી તેમની વચ્ચે ઉષ્ણતા કે પ્રકાશના ફેરફાર થઈ ને જ હવા પેદા થાત;
૩. હવામાં રહેલા નાઈટ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુના સ્વતંત્ર ગુણધર્મો જેમના તેમ રહે છે અને હવા માત્ર તે બેના ગુણધર્મોથી મધ્યમ ગુણધર્મો દર્શાવે છે;	૩. નાઈટ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુના સ્વતંત્ર ગુણધર્મો અદૃષ્ય થયેલા હોત અને હવા માત્ર એકરૂપ પદાર્થની પેઠે જુદા જ સ્વતંત્ર ગુણધર્મોવાળી બનતે;
૪. હવાને પાણીમાં ઓગાળીએ તો પ્રમાણમાં ઑક્સિજન વાયુ વધુ ઓગળે છે. એવાં પાણીને ઉકાળીએ તો ઑક્સિજન વધુ પ્રમાણમાં નીકળે છે;	૪. હવા એકરૂપ પદાર્થની પેઠે એક જ પ્રમાણમાં ઓગળી શકતે; અને ફરીથી એક જ પ્રમાણમાં એકરૂપ પદાર્થની પેઠે બહાર નીકળતે;
૫. પ્રવાહી કરેલી હવાનું વિભાગીય બાષ્પીભવન કરીએ તો નાઈટ્રોજનનું પ્રવાહી પ્રથમ બાષ્પીભૂત થાય છે અને ઑક્સિજન ત્યાર પછી સહેજ ઊંચાં ટેમ્પરેચરે બાષ્પીભૂત થાય છે;	૫. હવાને પ્રવાહી બનાવી બાષ્પીભવન કરવાથી તે માત્ર એક જ ટેમ્પરેચરે એકરૂપ પદાર્થની પેઠે બાષ્પીભૂત થાત;
૬. ઉપર (૪) અને (૫) માં બતાવ્યા મુજબ હવાના ઘટકોને ભૌતિક યુક્તિ (physical process) વડે જૂદા પાડી શકાય છે.	૬. આવા ભૌતિક ઉપાયો વડે હવાના ઘટકોને જુદા પાડી શકાતે નહિ.

૧૦. શ્વાસોચ્છ્વાસ અને હવા. માણસનાં અને પ્રાણીમાત્રનાં જીવન માટે ઑક્સિજન એ તદ્દન આવશ્યક વાયુ છે. શરીરના લોહીનો અસ્વચ્છ ભાગ કાર્બન અને હાઈડ્રોજન તત્ત્વોનો બનેલો હોય છે, એટલે હવાના ઑક્સિજન વડે એ બન્ને તત્ત્વોનું ઑક્સિડેશન (જ્વલન) થાય છે. એથી કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ અને હાઈડ્રોજનનો હાઈડ્રોજન ઑક્સાઈડ અથવા પાણી બને છે. આ રીતે દરેક પ્રાણીમાત્રના શ્વાસોચ્છ્વાસમાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઈડનો ભાગ બહાર પડે છે, અને હવામાં કાયમ ભળ્યા કરે છે. હવામાં નાઈટ્રોજન ભળેલો હોવાથી ઑક્સિજનના જલદપણામાં કંઈક અંશે ઘટાડો થાય છે અને આપણા શરીરને માફકસર પ્રમાણમાં ઑક્સિજન મળી રહે છે.

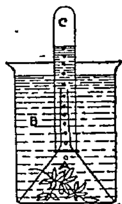
૧૧. ઝાડપાનના ઉપયોગમાં હવા. વનસ્પતિને પણ હવાની જરૂર પડે છે. એ પણ એનાં પાંદડાંનાં છિદ્રો વડે શ્વાસમાં હવા લે છે અને ઑક્સિજન શોષે છે. પરતુ પ્રકાશ અને તાપ હોય ત્યારે વનસ્પતિ હવામાંથી કાર્બન ડાયૉકસાઈડ શોષે છે. અને તેમાંથી કાર્બન વાપરીને વધારાનો ઑક્સિજન બહાર કાઢે છે. આમ એને શ્વાસમાં જોઈએ તેના કરતાં વધુ ઑકિસજન મળે છે એટલે દિવસે વનસ્પતિ ઑક્સિજન વાયુને બહાર કાઢે છે, પરંતુ રાતે પ્રકાશ અને ઉષ્ણુતા ન હોવાથી વનસ્પતિ થોડા કાર્બન ડાયૉક્સાઈડને પણ બહાર કાઢે છે.

ઝાડપાનમાં ભળેલા કાર્બન (કોલસા) માંથી કાર્બોહાઇડ્રેટસ (કાર્બન, ઑકિસજન અને હાઈડ્રોજનનું સંયોજન) ઝાડનાં મૂળ વાટે મળતાં પાણીની સાથેની ક્રિયાથી બને છે. ઝાડના તંતુઓ સેલ્યુલોસ (cellulose) નામના કાર્બોહાઈડ્રેટ્ના બનેલાં છે, અને એ કાર્બન, હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનના સંયોગથી બને છે. આ સંયોજનમાં ક્લોરોફિલ નામનું લીલું રંગ આપનાર દ્રવ્ય મદદ કરે છે.

ઉપર દર્શાવેલાં તત્ત્વ સિવાય નાઈટ્રોજન પણ ઘણીખરી વનસ્પતિનું મુખ્ય અંગ છે. વનસ્પતિ નાઈટ્રોજનને કાંતો હવામાંથી અથવા જમીનમાંના નાઈટ્રોજનના ક્ષારમાંથી મેળવી લે છે. જો જમીનમાં લાંબો વખત વનસ્પતિ ઊગાડવામાં આવે તો નાઈટ્રોજનનું પ્રમાણ ઘટી જાય છે, એટલે તેવી જમીનમાં નાઈટ્રોજનના ક્ષારોનું બનાવટી ખાતર આપવું પડે છે.

આકૃતિ (૧૨) માં વનસ્પતિ હવામાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ લે છે અને ઑક્સિજન બહાર પાડે છે એ દર્શાવતો પ્રયોગ નીચે બતાવેલો છે.

આકૃતિ ૧૨.



પ્રયોગ ૨૨:—એક કાચના પ્યાલામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ ભળેલો હોય તેવું પાણી (સોડા વૉટર) લઈ તેમાં પાણીમાં ઉગનાર લીલા છોડની થોડીક ડાંખરી રાખો (આકૃતિ ૧૨). એ છોડની ઉપર કાચની ગરણી ઊંધી વાળો અને ગરણીના નાળચાં ઉપર પાણીથી સપૂર્ણ ભરેલી એક કશનળી (test-tube) ઊંધી વાળો. આ પ્યાલાને સૂર્યના પ્રકાશમાં થોડો વખત રાખો. લીલો છોડ પાણીમાં રહેલા કાર્બન ડાયૉક્સાઈડને પાંદડાં વાટે અંદર ખેંચી લેશે અને તેમાંનો કાર્બન (કોલસા) નો ભાગ વાપરી ઑક્સિજનનો ભાગ બહાર કાઢશે ઑક્સિજનના બુદ્બુદ્ (bubbles) ધીમે ધીમે કશનળીમાં ભેગા થતા જણાય છે અને થોડી વારમાં સારો સરખો વાયુ તેમાં ભેગો થાય છે. કશનળીનો નીચેનો છેડો પાણીમાં જ એક કાચની પ્લેટથી બંધ કરી, તેને ઊંધી વાળો અને એક ધુમાતું લાકડું કશનળીના વાયુમાં દાખલ કરી જુઓ કે શું પરિણામ આવે છે.

સાર

૧. હવામાં ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, પાણીનો ભેજ, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને આર્ગન વગેરે વાયુ રહેલા છે. એ સિવાય હાઇડ્રોજન અને હેલિયમ ઉપલાં વાતાવરણમાં છે. આર્ગનના જેવા અક્રિય વાયુ પણ સૂક્ષ્મ પ્રમાણમાં હોય છે. દા. ત. નિયોન, ક્રિપ્ટોન, ઝિનોન વગેરે. ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજનનાં કદનું પ્રમાણ આશરે ૨૧ : ૭૮ નું છે; અને વજનનું પ્રમાણ ૨૫ : ૭૩ નું છે.

૨. હવા મિશ્રણ છે અને સંયોજન નથી કારણ કે એને વાયુનાં માત્ર મિશ્રણ વડે પેદા કરાય છે અને એમાં વાયુનું પ્રમાણ એકસરખું નથી. એ વાયુને સહેલાઇથી ભૌતિક કળ વડે છૂટા પાડી શકાય છે.

૩. શ્વાસોચ્છ્વાસ, વનસ્પતિ વગેરેના જ્વલનથી અને વનસ્પતિજન્ય વસ્તુના સડવાથી હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પેદા થયા કરે છે. આમ છતાં વનસ્પતિ પાદડાં વડે શ્વાસ લે તેમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુને શોષે છે. અને ઑક્સિજનને હવામાં બહાર પડે છે. હવા શ્વાસોચ્છ્વાસમાં અને જ્વલનમાં મદદ રૂપ છે.

પ્રશ્નો

(૧) હવાનાં મુખ્ય અંગો કયાં? તેમનુ પ્રમાણ કેમ નિયત કરશો?
(૨) હવા એ મિશ્રણ છે અને સંયોજન નથી એ દલીલ આપી સમજાવો
(૩) શ્વાસોચ્છ્વાસમાં હવાનો ઉપયોગ કેવી રીતે થાય એ સમજાવો.
(૪) વનસ્પતિ હવાને ચોખ્ખી કરવાના સાધનરૂપ છે એનું કારણ શું?
(૫) જો પૃથ્વી ઉપર વનસ્પતિ ન હોય તો શુ પરિણામ આવે?
(૬) હવામાં નાઈટ્રોજનનો ઉપયોગ શો?
(૭) નિર્મળ ચૂનાનાં પાણીમાં ફૂંક મારીએ તો શું પરિણામ આવે છે તે કારણ આપી સમજાવો.

પ્રકરણ ૬

ઑક્સિજન અને ઑક્સાઈડો

Oxygen and Oxides

૧. ઑક્સાઈડને ગરમ કરી ઑક્સિજન પેદા કરવાની સાદી રીતો. પ્રયોગ (૧) :—થોડો સીસાનો રાતો ઑક્સાઈડ (red lead) એક તાપ સહન કરે તેવી કશનળીમાં લો (આકૃતિ ૧). એ નળીને બર્નરની જ્યોતમાં રાખી ખૂબ તપાવો. એ દરમિયાન નળીમાં એકાદ ધુમાતાં લાકડાનાં છેડાને દાખલ કરો. એ તરત જ ભડકો લઈને સળગી ઊઠે છે તેની નોંધ કરો.

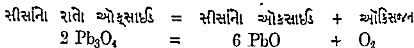
પ્રયોગ (૨).—સીસાંના ઑક્સાઈડની જગ્યાએ પારાનો રાતો ઑક્સાઈડ (red oxide of mercury) લઈને ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ ખૂબ તપાવો. ફરીથી નળી ગરમ થતી હોય તે દરમિયાન અંદર ધુમાતાં લાકડાંના છેડાને દાખલ કરો. એ ક્ષારને વધુ વાર ગરમ કરો. નળીની બાજુએ કંઈ બાઝેલુ દેખાય છે કે? એ કયો પદાર્થ હોવો જોઈએ?

પ્રયોગ (૩) :—ઉપરનો પ્રયોગ મૅંગેનિઝ ડાયૉક્સાઈડ લઈને કરો.

આગલાં પ્રકરણમાં બતાવ્યા મુજબ ઘણીખરી ધાતુઓને સાધારણ તાપે હવામાં તપાવવામાં આવે તો તેમાંથી ધાતુના ઑકસાઈડ એટલે ઑક્સિજન સાથેનાં સંયોજનો પેદા થાય છે. આમાંથી કેટલીક ધાતુના ઑકસાઈડને ઘણાં ઊંચાં ટેમ્પરેચરે ગરમ કરવામાં આવે તો તે ઑકસાઈડનું વિઘટન (dissociation) થાય છે અને તેમાંથી ઑક્સિજન ફરીથી છૂટો પડે છે.

સીસાંના રાતા ઑકસાઈડને ખૂબ તપાવવાથી તેમાંનો થોડો ઑક્સિજન બહાર નીકળે છે. કોપર ઑકસાઈડ, અથવા મૅગ્નેઝિયમ ડાયૉકસાઈડને આવી રીતે ગમે તેટલા ગરમ કરીએ તોપણ તેમાંથી ઑક્સિજન છૂટો પડતો નથી.

સીસાંના, પારાના અને મૅંગેનિઝના ઓકસાઇડોને ખૂબ તપાવવાથી નીચે મુજબની ક્રિયા થઈને ઑકિસજન વાયુ બહાર પડે છે.



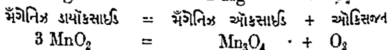
સીસાંનો રાતો ઓક્સાઈડ = સીસાંનો ઓકસાઈડ + ઑકિસજન

$$2\,Pb_3O_4 = 6\,PbO + O_2$$



પારાનો ઓકસાઈડ = પારો + ઑકિસજન

$$2\,HgO = 2\,Hg + O_2$$

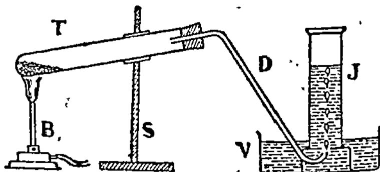


મૅંગેનિઝ ડાયૉકસાઈડ = મૅંગેનિઝ ઑકસાઈડ + ઑકિસજન

$$3\,MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$$

૨. ઑક્સિજનની ભેગો કરવાની રીત. પ્રયોગઃ—આકૃતિ (૧૩) માં બતાવ્યા મુજબ એક કશનળી T લો. તેમાં થોડો પોટાસિયમ ક્લોરેટ (potassium chlorate) નાંખો. સાથે થોડો મૅંગેનિઝ ડાયૉકસાઈડ પણ

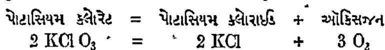
આકૃતિ ૧૩.



સારી પેઠે મિશ્ર કરો. હવે એ નળી T ને એક બૂચ વડે બંધ કરો અને એક સ્ટૅંડમાં પકડો. બૂચનાં કાણામાં એક વાંકી વિમોચન નળી (delivery tube) D દાખલ કરો. એ નળીના દૂરનો છેડાને પાણીમાં ડુબાવી એક સગડી આકારના વાસણનાં તળિયામાં દાખલ કરો. [આ સગડી આકારના વાસણને અંગ્રેજીમાં (pneumatic trough) કહેવામાં આવે છે. એની અંદર

બાજુમાં એક કાણું હોય છે અને ઉપર બીજું હોય છે. બાજુનાં કાણામાંથી વાયુની વિમોચન નળી દાખલ કરવામાં આવે છે અને ઉપલાં કાણામાંથી વાયુ ઉપર ઊંધાં રાખેલાં અને પાણીથી ભરેલાં વાસણમાં જાય છે. વિમોચન નળીમાંથી નીકળતો વાયુ વાસણનાં પાણીને સ્થળાંતર કરી ભેગો થાય છે.] સગડી આકાર વાસણની ઉપર પાણીથી પૂર્ણ ભરેલું પાત્ર કાચની તક્તી વડે ઢાંકીને ઊંધું વાળો. કાચની તક્તીને દૂર કરો. હવે કશનળી T ને જોરથી તપાવો. તેમાંથી નીકળતો વાયુ સ્થળાંતર પાત્ર J માં ભરાઈ રહે એટલે એ પાત્રને પાછું કાચની પ્લેટથી પાણીની અંદર જ ઢાંકીને બહાર કાઢો. એવી રીતે ઘણાં પાત્રો ભરી લો.

ઉપર દર્શાવેલા પ્રયોગ વડે ઘણા સારા જથ્થામાં ઑક્સિજન વાયુ પેદા કરી શકાય છે. એમાં નીચે પ્રમાણેની ક્રિયા થાય છે.


પોટાસિયમ ક્લોરેટ = પોટાસિયમ ક્લોરાઈડ + ઑક્સિજન

$$2\,KClO_3 = 2\,KCl + 3\,O_2$$

પ્રયોગમાં કહ્યું તેમ પોટાસિયમ ક્લોરેટમાં થોડો મૅંગેનિઝ ડાયોકસાઈડ પણ નાખવામાં આવે છે, મૅંગેનિઝ ડાયોકસાઈડ ન નાંખીએ તો પણ ચાલે કારણ કે, એકલા પોટાસિયમ ક્લોરેટનું જ વિઘટન થઈને ઉપર પ્રમાણે ક્રિયા ઉદ્ભવે છે. મૅંગેનિઝ ડાયૉક્સાઈડ નાંખવાથી પોટાસિયમ ક્લોરેટમાંથી ઘણાં ઓછાં ટેમ્પરેચરે ઑક્સિજન વાયુ છૂટો પડવા માંડે છે, અને ઘણી ઝડપથી બહાર નીકળે છે. એકલા પોટાસિયમ ક્લોરેટને ગરમ કરવાથી એટલો ઝડપથી અને એટલાં ઓછાં ટેમ્પરેચરે ઑક્સિજન પેદા થઈ શકતો નથી. આવી રીતે જે પદાર્થ (મૅંગેનિઝ ડાયૉકસાઈડ જેવો) રાસાયણિક ક્રિયાને ઝડપી અને સરળ બનાવે તેને ઉદ્દિપક વસ્તુ અથવા ઉદ્દિપક (catalytic agent or catalyst) કહેવામાં આવે છે. આ ઘટનામાં ઉદ્દિપક વસ્તુનું વિઘટન થતું નથી.

૩. **ઑક્સિજન વાયુના ગુણધર્મો.** ઑક્સિજન વાયુથી ભરેલાં

વાસણમાં અનુક્રમે નીચેના પ્રયોગો કરી જુઓ. (૧) વાયુનો રંગ કેવો છે ? (૨) વાયુનો સ્વાદ અને ગંધ કેવાં છે ? (૩) એક બરણીમાં એક પ્રજ્વલન પળી (deflagrating spoon)માં નાનો ફોસ્ફરસનો ટુકડો મૂકી આકૃતિ (૧૪) માં બતાવ્યા મુજબ ઝડપથી ઉતારો અને તેમાં કેવો ફેરફાર થાય છે તેની નોંધ કરો. (૪) એક ધુમાતો લાકડાંનો છેડો ઓક્સિજનથી ભરેલા નળાકારમાં દાખલ કરો તો કેવો ફેરફાર લક્ષમાં આવે છે ? (૫) થોડુ નિર્મળ ચૂનાનુ પાણી એક ઑક્સિજનથી ભરેલા નળાકારમા રેડો અને નળાકારને હલાવીને તેમાં કંઈ ફેરફાર થાય છે કે કેમ તે જુઓ. (૬) એક લિટમસ કાગળને ભીંજવીને એ વાયુમાં દાખલ કરો. કંઈ ફેરફાર માલૂમ પડે છે કે ?

આકૃતિ ૧૪.



ઉપરના પ્રયોગમાંથી નીચેની બાબતો અનુક્રમે માલૂમ પડશે: (૧) વાયુ અદૃષ્ય છે; (૨) એમાં સ્વાદ અને ગંધ નથી; (૩) એમાં ફોસ્ફરસ ભડકો લઈ એકાએક સળગી ઊઠે છે અને ઝડપથી બળી જાય છે; (૪) એમાં ધુમાતું લાકડું જલદી બળવા લાગે છે અને ભડકો લઈ સળગી ઊઠે છે; (૫) નિર્મળ ચૂનાના પાણીની ઉપર કશી અસર થતી નથી અને (૬) લિટમસ કાગળ ઉપર પણ કશી અસર માલૂમ પડતી નથી. (જો એમાં ઍસિડના જેવા ગુણ હોય તો ભૂરું લિટમસ રાતું બને છે અને આલ્કલી જેવા ગુણ હોય તો રાતું લિટમસ ભૂરું બને છે.) આ ઉપરાંત ઑક્સિજનના નીચેનાં બીજા ગુણધર્મો છે. (૭) એ વાયુ પાણીમાં થોડાં પ્રમાણમાં ઓગળી શકે છે, (૮) એ વાયુનું ટેમ્પરેચર ઘટાડતાં તેને –૧૮૫° સે. ટેમ્પરેચરે પ્રવાહી રૂપ બનાવી શકાય છે; (૯) હવાથી સહેજ વધુ ઘનતાવાળો છે; (૧૦) એની સાથે ગરમ કરવાથી ઘણી ધાતુના ઑકસાઈડો બને છે, (૧૧) કાર્બન, સલ્ફર, અને ફૉસ્ફરસ પણ એમાં સહેલાઈથી બળીને ઑકસાઈડ બનાવે છે; (૧૨) હાઈ-

ડ્રોજન સાથે મળવાથી હાઈડ્રોજન ઑકસાઈડ એટલે પાણી પેદા થાય છે, (૧૩) દરેક વસ્તુના જ્વલનમાં એ વાયુ આવશ્યક છે; (૧૪) ધીમાં જ્વલન (દહન)માં અને દરેક પ્રાણીમાત્રના શ્વાસોચ્છ્વાસમાં એ આવશ્યક છે.

૪. ઑક્સાઈડો (Oxides). ગંધક, કોલસો, વગેરે પદાર્થને ગરમ કરી ઑક્સિજન વાયુમાં દાખલ કરીએ તો તે સર્વે એકદમ ઝડપથી અને ઘણા જ ઉજ્જ્વલ પ્રકાશ સાથે બળવા લાગે છે. એ સર્વેને ઑક્સિજનમાં બાળવાથી જે પદાર્થ પેદા થાય છે તેને તે પદાર્થના ઑકસાઈડ (ઑક્સિજન સાથેનાં સંયોજનો) કહેવામાં આવે છે. ફૉસ્ફરસ સફેદ ધુમાડા સાથે બળે; મૅગ્નેઝિયમનો સળગાવેલો તાર અત્યંત પ્રકાશ આપી એમાં બળે છે.

ઉપર દર્શાવેલા ઑકસાઈડના ત્રણ વિભાગ પાડવામાં આવે છે:

(૧) જે ઑકસાઈડો ભૂરાં લિટમસને રાતું બનાવે તેને ઍસિડિક (acidic) અથવા ઍસિડના જેવા ગુણ ધરાવતા ઑકસાઈડ કહેવામાં આવે છે. દા. ત. સલ્ફર ડાયોકસાઈડ; (૨) જે ઑકસાઈડો રાતાં લિટમસને ભૂરું બનાવે તેને બૅઝિક (basic) ઑકસાઈડો કહેવામાં આવે છે, દા. ત કૅલ્સિયમનો ઑકસાઈડ; અને (૩) જે ઑકસાઈડો લિટ્મસ કાગળને અસર નથી કરતાં તેમને શિથિલ (neutral) ઑકસાઈડો કહેવામાં આવે છે; દા ત, લોખંડનો ઑકસાઈડ (Fe_2O_3), હાઈડ્રોજન ઑકસાઈડ (H_2O, પાણી), કૉપર ઑકસાઈડ (CuO), વગેરે.

સોડિયમ, કૅલ્સિયમ અને લોખંડને કાળજીપૂર્વક ઑક્સિજન વાયુમાં બાળી શકાય છે ઘણાંખરાં તત્ત્વોને ઑક્સિજનમાં ઘણા ઊંચાં ટેમ્પરેચરે બાળીને ઑકસાઈડો બનાવી શકાય છે; પરતુ

આયોડિયન, બ્રોમિન, ક્લોરિન, સોનું પ્લેટિનમ, અને આર્ગન જેવાં તત્ત્વોને ગમે તેટલું ટેમ્પરેચર કરીએ તોપણ બાળીને ઑકસાઈડ બનાવી શકાતા નથી. બીજી રીતે એમના ઑકસઈડ બનાવી શકાય છે.

૫. ઑક્સિડેશન અને રિડક્શન (Oxidation and Reduction). ઉપરના પ્રયોગમાં બતાવ્યા મુજબ કાર્બન, ફૉસ્ફરસ, ગંધક, મેગ્નેઝિયમ વગેરે પદાર્થોને ગરમ કરવાથી ઑક્સિજન સાથે સંયોગ થાય તે ક્રિયાને ઑક્સિડેશન (oxidation) ક્રિયા કહેવામાં આવે છે. જે પદાર્થો ગરમ થવાથી ઑક્સિજનને બહાર કાઢી તેમની સાથે રહેલા બીજા પદાર્થોને ઑક્સિજન આપે છે તેમને ઑક્સિડાઈઝિંગ એજંટ (oxidising agent) કહેવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે પોટાસિયમ પરમૅંગેનેટ, પોટાસિયમ કલોરેટ, નાઈટ્રિક, ઍસિડ વગેરે પદાર્થોની સાથે ઘણા પદાર્થોની રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે અને તેમને એ પદાર્થો ઑક્સિજન આપે છે, એટલે એમને ઑક્સિડાઈઝિંગ એજંટ કહેવામાં આવે છે. કેટલાક પદાર્થોને ઑકસાઈડો સાથે ગરમ કરવાથી તેમાનો ઑક્સિજન દૂર કરીને એ ઑક્સિજન સાથે સંયોજિત થાય છે. એવા પદાર્થોને રિડ્યુસિંગ એજંટ (reducing agent) કહેવામાં આવે છે અને એ પ્રકારે ઑક્સિજનને લઈ લેવાની ક્રિયાને રિડકશન (reduction) ક્રિયા કહેવામાં આવે છે. દા. ત. હાઈડ્રોજનને ગરમ કરેલા ધાતુના ઑકસાઈડ ઉપર પસાર કરવામાં આવે તો તે તેમાંથી ઑક્સિજન લઈ લે છે અને ઑકસાઈડમાંથી પાછી ધાતુને છૂટી કરે છે. કાર્બન, મેથીલેટેડ સ્પીરિટ, આલ્કોહોલ જેવા હાઈડ્રોજનથી પૂર્ણ પદાર્થો પણ ઑક્સિજનને દૂર કરવાની એટલે કે રિડકશન ક્રિયા કરે છે, અને તેથી તેમને પણ રિડ્યુસિંગ પદાર્થો કહેવામાં આવે છે. તાંબાને ખૂબ ગરમ કરીએ તો તેનો ઑકસાઈડ બને છે; એને જ ગરમ

અવસ્થામાં મેથીલેટેડ સ્પીરિટમાં નાંખીએ તો તાંબાનાં ઑક્સાઈડમાંથી ઑક્સિજન દૂર થઈ જાય છે અને તાંબું પાછું મળે છે.

૬. ઑક્સિજનના ઉપયોગો. (૧) ઑક્સિજન દરેક પ્રાણીમાત્રના શ્વાસોચ્છ્વાસ માટે જરૂરી પદાર્થ છે. હવામાં પુરતા પ્રમાણમાં એ વાયુ ભળેલો છે. માછલી જેવાં જળચર પ્રાણીને પણ ઑક્સિજન વાયુની જરૂર પડે છે અને તે પાણીમાં ઓગળેલા ઑક્સિજનમાંથી મળી રહે છે. આથી જ ઑક્સિજનને પ્રાણવાયુ કહેવામાં આવે છે. (૨) કોઈ માણસ ગુંગળાવાથી અથવા કાર્બન મૉનૉકસાઈડ વાયુના ઝેરથી બેભાન થયો હોય તેને ચોખ્ખો ઑક્સિજન વાયુ આપી શ્વાસોચ્છ્વાસ કરાવવામાં આવે છે. જો ચોખ્ખો ઑક્સિજન વાયુ સારો માણસ લાંબો વખતે લે તો તેનું લોહી ખૂબ ગરમ થઈ જવાથી કદાચ મૃત્યુ પણ થાય છે. પાણીની બહાર માછલી આવતાં તેને વધુ પડતો ઑક્સિજન મળે છે અને તેથી તેનું ઠંડું લોહી ગરમ થવાથી તે મરી જાય છે. (૩) ઑક્સિજન વિના પદાર્થો બળી શકે નહિ, એટલે ઉષ્ણતા અને પ્રકાશ વગેરે હવામાંના ઑક્સિજન વાયુને લીધે જ પેદા કરી શકાય છે. (૪) ઑક્સિજન અને ઍસિટિલીન નામના વાયુની સામટી જ્યોત એટલી ઉષ્ણ બને છે કે તેનાથી લોખંડના પાટો પણ તરત પીગાળીને કાપી શકાય છે. વહાણો, મોટરોના યંત્રો, પૂલો, બૉઇલરો વગેરેમાં લોખંડના સાંધાને એકરસ (વૅલ્ડિંગ) કરવા આવી જ્યોત વપરાય છે. (૫) ઊંચા વાતાવરણમાં વિમાનો જાય ત્યારે કેટલીકવાર ઑક્સિજન વાયુની બરણી લઈ જવામાં આવે છે કારણ કે ઘણાં ઊંચા વાતાવરણમાં ઑક્સિજન વાયુનું પ્રમાણ ઘણું ઓછું હોય છે. પર્વતો અને ખાસ કરીને ઍવરેસ્ટ જેવાં શિખર ઉપર ચઢાઈ કરનારાઓ ઑક્સિજન વાયુની બરણીને ઉપલાં કારણથી સાથે લઈ જાય છે.

૭. પ્રિસ્ટલી, કેવેન્ડિશ અને લેવેાઈઝિયર. પ્રિસ્ટલી, કેવેન્ડિશ અને લેવેાઈઝિયરે સમકાલીન વૈજ્ઞાનિકો રસાયણવિજ્ઞાનના સ્થાપકો ગણાય છે. પ્રિસ્ટલી ૧૭૩૩ માં ઇંગ્લૅંડમાં જન્મ્યો હતો. છ વર્ષનો થયો, ત્યારથી જ એ માતાપિતા વિનાનો નિરાધાર થઈ પડ્યો હતો, તેણે જુદીજુદી ભાષા શીખી લીધી અને દેવળમાં ધર્મગુરૂ તરીકે રહ્યો. એની સ્કૂલમાં થોડાં સાહિત્યો ખરીદી આપવાથી તેને રસાયણ બાબતમાં જીજ્ઞાસા ઉત્પન્ન થઈ. એના સમયના પહેલાં ઘણા પ્રયેાગોદ્વારા એમ બતાવવામા આવતું હતું કે બંધ વાસણમાં મીણબત્તી બળ્યા પછી રહેલા વાયુમાં જ્વલન થતું નથી. પ્રિસ્ટલી માનતો હતો કે રહેલો વાયુ ફ્લોજીસ્ટન નામના અજ્ઞાત તત્ત્વથી ભરેલો હતો. ૧૭૭૪ માં પ્રિસ્ટલીએ ઓક્સિજનન વાયુની શોધ કરી તેના કેટલાક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કર્યો. હવામાં બળેલા પદાર્થોને એ વેળા ખાખ (કૅલ્ક્ષ calx) કહેવામાં આવતા, કારણ કે ઓક્સિજન વાયુની શોધ ત્યાર પછી થઈ હતી. મર્ક્યુરી ઓક્સાઇડને તપાવી વાયુ ઉત્પન્ન કર્યો અને તે જ્વલન અને જીવનનો ઉત્તેજક હતો એમ પ્રિસ્ટલીએ બતાવ્યું. આ વાયુ ઓક્સિજન જ છે એમ લેવેાઈઝિયર નામના ફ્રેન્ચ વૈજ્ઞાનિકે પુરવાર કર્યું.

લેવેાઈઝિયર ફ્લોજીસ્ટન નામના અજ્ઞાત તત્ત્વના સિદ્ધાંતમાં માનતો ન હતો અને તેણે બતાવ્યું હતું કે, જ્યારે પદાર્થ બળે છે ત્યારે કોઈ દ્રવ્ય બહાર પડતું નથી પરંતુ હવામાંથી થોડો વાયુ ઓછો થાય છે. આ જ વખતે પ્રિસ્ટલી પોતાની શોધખોળની બાબતમાં લેવેાઈઝિયરની સલાહ લેવા પેરીસ ગયો. પ્રિસ્ટલીની શોધને આધારે લેવેાઈઝિયરે નીચેનો પ્રયોગ કર્યો. લેવેાઈઝિયરે એક નળાકારને પારાના વાસણમાં ઊંધું વાળી એ વાસણને ગરમ કરી

પારાનો ઑક્સાઇડ બનાવ્યો અને એ તૈયાર થવા માટે વાયુનો કેટલો ભાગ વપરાયો તે વાસણમાં ઊંચે ચઢેલા પારાના કદ વડે નિયત કર્યું. ત્યાર પછી જે પારાનો ઑકસાઇડ બન્યો, તેને એક રિટોર્ટમાં ગરમ કરી તેમાંથી નીકળેલા વાયુનું જે કદ માલૂમ પડ્યું તે હવામાંથી ઓછા થયેલા વાયુના જેટલું જ હતું, અને પ્રિસ્ટલીએ પારાના કુદરતી ઑકસાઇડમાંથી મેળવેલા વાયુના સર્વ ગુણો આ વાયુ ધરાવતો હતો. એ ઉપરથી લેવોઇઝિયરે પુરવાર કર્યું કે હવામાં બે જાતના વાયુઓ હોય છે. એક જલદ વાયુ ઑક્સિજન અને બીજો અક્રિય વાયુ નાઈટ્રોજન.

એ જ અરસમાં કેવેન્ડિશ નામના અંગ્રેજ વૈજ્ઞાનિકે હાઈડ્રોજન વાયુની શોધ કરી, અને પ્રિસ્ટલીએ બતાવ્યું કે કેટલાક ધાતુના કેલ્ક્ષને એ વાયુમાં તપાવવાથી ધાતુ પાછી મળી આવે છે. આ પ્રયોગના આધારે પાણીનાં બંધારણમાં હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન છે એમ લેવોઇઝિયરે પુરવાર કર્યું.

સાર

૧. લેડ ઑકસાઇડ, મર્ક્યુરિક ઑકસાઇડ અથવા પોટાસિયમ ક્લોરેટને ખૂબ તપાવીએ તેમાંથી ઑક્સિજન પેદા થાય છે. સીસાં અથવા પારાને સાધારણ તાપે તપાવીએ તો એથી ઊલટું લેડ ઑકસાઇડ અને મર્ક્યુરિક ઑકસાઇડ પેદા થાય છે. પોટાસિયમ ક્લોરેટમાં મૅન્ગેનિઝ ડાયોક્સાઇડ ભેળવાથી તેમાંથી જલદી અને પુષ્કળ જથ્થામાં ઑક્સિજન નીકળે છે.

૨. ઑક્સિજન વાયુ વડે જ જ્વલન થાય છે. વસ્તુ બળે કે ધાતુ કટાય તેમાં ઑક્સિજન વપરાય છે. જીવંત પ્રાણીઓના શરીરની અશુદ્ધિઓને બાળીને (દહન કરીને) દૂર કરવા ઑક્સિજનની જરૂર પડે છે. આથી જ ઑક્સીજનને પ્રાણવાયુ કહેવામાં આવે છે.

૩. ઑક્સિજન વાયુ રંગ, સ્વાદ અને ગંધ વિનાનો જલદ વાયુ છે.

એમાં સાધારણ ધુમાતી વસ્તુ ઝડપથી સળગી ઊઠે છે. એ વાયુની લિટમસ કાગળ અને નિર્મળ ચૂનાના પાણી ઉપર કશી અસર થતી નથી

૪. ઑકિસજન સાથે સંયેાગ થવાથી ઑક્સાઇડ ઉપજે છે. તેમાંના કેટલાક ઍસિડિક, કેટલાક ઍઝિક ગુણવાળા અને કેટલાક શિથિલ હોય છે.

પ્રશ્નો

(૧) ઑક્સિજન તૈયાર કરવાના પ્રયેાગ દર્શાવેા, એ પ્રયેાગમાં મૅન્ગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ શેા ભાગ ભજવે છે ?

(૨) ઑક્સાઇડ કેાને કહે છે ? ઑક્સાઇડને કેટલા પ્રકારમાં વહેંચી નાંખ વામા આવ્યા છે ? પાણી એ કેવેા અને શેનેા ઑક્સાઇડ છે ?

(૩) ઑક્સિજનના ગુણધર્મો અને ઉપયેાગ લખેા.

(૪) ગધક, કેાલસેા, ફૉસ્ફરસ, મેગ્નેઝિયમ વગેરેને ઑક્સિજનથી ભરેલી બરણીમાં બાળવામાં આવે તેા કેવી જાતની વસ્તુ ઉત્પન્ન થશે. ?

(૫) નીચેના ઑક્સાઇડની ઍસિડિક, ઍઝિક અને શિથિલ પ્રકારમાં વર્ગણી કરેા :—

કાર્બન ડાયૉકસાઇડ, સલ્ફર ડાયૉકસાઇડ, ઝીંક ઑક્સાઇડ, મેગ્નેઝિયમ ઑક્સાઇડ, હાઇડ્રોજન ઑક્સાઇડ, ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ, કેલ્શિયમ ઑક્સાઇડ, કૉપર ઑકસાઇડ અને (લેાખંડનેા) આયર્ન ઑકસાઇડ

પ્રકરણ ૭

દહન અને જ્યોત (Combustion and Flame)

૧. દહન (Combustion) એટલે શું? સાધારણ રીતે જ્યારે પદાર્થ હવામાં પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા બહાર કાઢીને બળે છે તે ઘટનાને આપણે 'જ્વલન (burning)' કહીએ છીએ. રાસાયણિક પરિભાષામાં આપણે હવામાં અથવા ઑકિસજન વાયુમાં બળવાના પ્રકારને ઑકિસડેશન (oxidation) એટલે કે ઑકિસજન સાથેના સંયોગ થવાની ક્રિયા પણ કહીએ છીએ. આમ પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા સાથે પદાર્થનો ઑકિસજન સાથે સંયોગ થાય તેવી ઑકિસડેશન ક્રિયાને આપણે જ્વલન (burning) કહીએ છીએ. પાછળથી આપણે જોઈશું કે ઑકિસડેશન ક્રિયા પ્રકાશ અને ઉષ્ણતાના ફેરફારો વિના પણ થઈ શકે છે.

કેટલીક વાર રાસાયણિક પરિભાષામાં જ્વલન (burning) ને બદલે દહન (combustion) શબ્દ પણ વાપરવામાં આવે છે. દહન શબ્દ એ પણ જ્વલન એટલે કે બળવાની ક્રિયાનો સૂચક છે. આમ છતાં કેટલીક ક્રિયાઓમાં ઑકિસજનના અભાવમાં પણ જ્વલન (burning) ક્રિયા ઉદ્ભવે છે. દાખલા તરીકે હાઈડ્રોજન વાયુ ક્લોરિન વાયુમાં બળી શકે છે, કાંસાની ધાતુ ક્લોરિનમાં બળી શકે છે, પોટાસિયમ ધાતુ કાર્બન ડાયોક્સાઈડ ધાતુમાં બળી શકે છે, મૅગ્નેઝિયમ ધાતુ પાણીની બાફ (steam)-માં બળી શકે છે. આ દરેક બળવાની ક્રિયામાં ઑકિસજન વાયુ અથવા હવાની જરૂરિયાત હોતી નથી અને તેમ છતાં તે દરેકમાં ઉષ્ણતા અને પ્રકાશની સાથે જ્વલન ક્રિયા (burning) થાય છે. આવી જાતની જ્વલન ક્રિયા (burning) કે જેમાં ઑકિસડેશન

થતું નથી તેવી ક્રિયાને પણ દહનક્રિયા (combustion) કહેવામાં આવે છે.

આમ દહન ક્રિયા (combustion) ની વ્યાખ્યા નીચે મુજબ આપી શકાય છે.

કોઈ પણ પદાર્થનું બીજા વાયુમાં ઉષ્ણતા અને પ્રકાશની સાથે જ્વલન (burning) થાય તે રાસાયણિક ક્રિયાને દહન (combustion) કહેવામાં આવે છે.

ઉપર કહ્યું તેમ પ્રકાશ અને ઉષ્ણતાની સાથે જ્યારે પદાર્થનું ઑકિસડેશન થાય તે ક્રિયાને પણ દહન ક્રિયા (combustion) કહેવામાં આવે છે. પરંતુ ઑકિસડેશન થવાથી હંમેશાં ઉષ્ણતા અને પ્રકાશ બહાર પડવાની ક્રિયા થતી નથી એટલે દરેક પ્રકારનું ઑકિસડેશન તે દહન (combustion) નથી એ ધ્યાનમાં રાખવું. એવાં પ્રકારના પ્રકાશ અને ઉષ્ણતાના ફેરફાર વગરના ઑકિસડેશન ને મંદ દહન (slow combustion) કહેવામાં આવે છે.

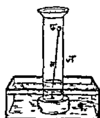
૨. ઑકિસડેશનના બે પ્રકારો (Two Modes of Oxidation). ઑકિસડેશનનો એક પ્રકાર આપણે હવા અને ઑકિસજનના પ્રકરણમાં ઘણા પ્રયોગો વડે જોઈ ગયા છે. દા. ત. ગંધક, ફોસ્ફરસ, કાર્બન, મેગ્નેઝિયમ વગેરે ગરમ કરવાથી હવામાં અથવા ઑકિસજનમાં ઘણી ઉષ્ણતા અને પ્રકાશ બહાર પાડીને બળે છે, એ પ્રકારને જલદ ઑક્સિડેશન (rapid oxidation) અથવા દહન (combustion) કહી શકાય છે. આ પ્રકારે ઘણા પદાર્થોનું દહન થઈ શકે છે.

આ ઉપરાંત ઑક્સિડેશનનો બીજો પણ પ્રકાર છે. એમાં ઉષ્ણતા અને પ્રકાશના ફેરફારો થતા નથી, છતાં પણ હવામાંથી અથવા ઑકિસજન વાયુના વાસણમાંથી ધીમેધીમે ઑકિસજન

વપરાઈને રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે. એવી ધીમી રાસાયણિક ક્રિયાથી પણ ઘણા પદાર્થોના ઑક્સાઈડ બનાવી શકાય છે. આ ક્રિયાને દહન ક્રિયા (*combustion*) નથી કહી શકાતી, પરંતુ મંદ દહન ક્રિયા (slow combustion) કહેવામાં આવે છે. આમાં પણ પદાર્થનો ઑક્સિજન સાથે સંયોગ થાય છે એટલે એને પણ ઑક્સિડેશન ક્રિયા કહી શકાય છે. આ ઑક્સડેશન ક્રિયા મંદ છે. આવી જાતની મંદ દહન ક્રિયા (slow combustion) ના દષ્ટાંતો નીચે આપ્યાં છે. આવી મંદ દહન ક્રિયામાં જ્વલન (એટલે કે પદાર્થનું બળવું તે, burning) બિલકુલ થતું નથી.

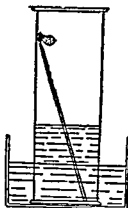
૩. મંદ ઑક્સિડેશન અથવા મંદ દહન (Slow Combustion) દર્શાવતા પ્રયોગો: (૧):—એક કાચના નાના નળાકારને પાણીમાં ઊંધો વાળો. હવે એક પાતળા તારને પાણીમાં રાખી તેના એક છેડા ઉપર ફોસ્ફરસનો બારીક ટુકડો તારના છેડાને વાળીને તેની વચ્ચે જકડો. એ તારને વાંકો વાળીને પાણીની નીચેથી જ નળાકારની અંદરની હવામાં રાખો (આકૃતિ ૧૫) હવે એ ફોસ્ફરસને એકાદ કલાક સુધી રહેવા દો કલાક પછી એ નળાકારમાં પાણી ઊંચે ચઢ્યું છે કે કેમ તેની ખાતરી કરો ફોસ્ફરસનુ મદ દહન (slow combustion) થવાથી હવામાંના ઑક્સિજન સાથે સયેાગ થઈને ફોસ્ફરસ પૅન્ટૉક્સાઈડ બને છે. ઑક્સિજનની ખાલી પડેલી જગાએ પાણી નળીમાં દાખલ થાય છે આશરે $\frac{1}{5}$ ભાગની હવાનો ઑક્સિડેશન ક્રિયામાં ઉપયેાગ થઈ જાય છે

આકૃતિ ૧૫



(૨):—આકૃતિ (૧૬) માં બતાવ્યા મુજબ એક તારના છેડે મખમલની કોથળીમાં થોડો લોખંડનો બારીક વહેર બાંધો. એ તારને છાછરાં પાણીમાં ઊંધા વાળેલા અને હવાથી ભરેલા નળાકારમાં આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ રાખો. નળાકારમાંના પાણીની સપાટી તપાસી લો. હવે

આકૃતિ ૧૬.



એ ત્રણ દિવસ પછી એમાં પાણી ઉંચે ચડે છે તેની નોંધ કરો. આ પ્રયોગમાં પણ લોખંડનો વહેર હવામાંના ઑક્સિજન સાથે ધીમી રાસાયણિક ક્રિયા વડે સંયોજિત થાય છે અને તેથી આયર્ન ઑક્સાઇડ પેદા થાય છે. [ધ્યાનમાં રાખવું કે લોખંડને બાળવાથી Fe_3O_4 નામનો ચુંબકિય ઑક્સાઇડ પેદા થાય છે, જ્યારે લોખંડને કટાવા દેવાથી Fe_2O_3 (ફેરિક ઑક્સાઇડ) નામનો ક્ષાર પેદા થાય છે.] આમ લોખંડ કટાય છે ત્યારે હવામાંથી ઑક્સિજન વાયુને સયોગમાં વાપરે છે. આ પ્રમાણે કટાવાની ક્રિયા એ મંદ પ્રકારનું ઑક્સિડેશન છે.

(૩) :—એક કુલડીમાં લોખંડનો થોડો સૂકો વહેર નાંખીને તેનું વજન કરો. હવે તેમાં થોડું પાણી નાંખીને કુલડીને સાધારણ ગરમ હવામાન હોય તેવી જગ્યાએ રાખી મૂકો. બેચાર દિવસ પછી એ કુલડીને તપાવીને તેમાંનો ભેજ દૂર કરી કુલડીમાં રહેલા પદાર્થને સૂકો બનાવો. એ પદાર્થ લોખંડને મળતો આવે છે? કુલડીને હવે ફરીથી તોલો. એનાં વજનમાં વધારો થાય છે. કુલડીમાંના લોખંડનું હવામાંના ઑક્સિજન સાથે સંયોગ થવાથી લોખંડનો ઑક્સાઇડ પેદા થયો છે. આથી લોખંડમાં વધારાના ઑક્સિજનના ભળવાથી કુલડીનું વજન વધે છે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે સાધારણ ટેમ્પરેચરે પણ ઘણીવાર ઑક્સિડેશન થાય છે. ઑક્સિડેશન થાય ત્યારે પદાર્થનું વજન વધે છે.

ઉપરના સર્વ પ્રયોગો બીજા પ્રકારના મંદ ઑક્સિડેશન અથવા મંદ દહન (slow combustion) ના દૃષ્ટાંત પુરાં પાડે છે. લોખંડ કટાય તે પણ ઑક્સિડેશનનો એક પ્રકાર છે એમ માલૂમ પડે છે. ઑક્સિડેશન થવાથી પદાર્થનું વજન વધે છે તે પણ સમજાય છે.

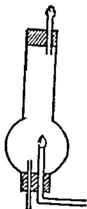
૪. શ્વાસોચ્છ્વાસ પણ ઑક્સિડેશન અથવા મંદ દહન

(**Slow Combustion**) છે. ચોખ્ખી ઓક્સિજનવાળી હવા જ્યારે આપણા હૃદયમાં દાખલ થાય છે ત્યારે ભૂરાશ પડતું નબળું લોહી શરીરના ભાગોમાંથી હૃદયમાં આવે છે; તેમાંના કાર્બન (કોલસા) અને હાઈડ્રોજનવાળાં તત્ત્વોવાળી અશુદ્ધિઓનું હવામાંના ઓક્સિજન સાથે ધીમું દહન થાય છે અને તેથી કોલસાનો ઓકસાઈડ (કાર્બન ડાયોકસાઈડ) અને હાઈડ્રોજનનો ઓકસાઈડ (પાણી) બને છે. જો નિતર્યા ચૂનાના પાણીમાં એકાદ નળી વાટે આપણે ફૂંક મારીએ તો તે પાણી દૂધિયા રંગનું થાય છે, કારણ કે કાર્બન ડાયોકસાઈડ શ્વાસોચ્છ્વાસમાં ભળેલો છે. જો કાચની ચોખ્ખી તક્તી ઉપર ફૂંક મારીએ તો તેના ઉપર પાણીનાં ભેજનાં બિંદુ ઠરેલાં માલૂમ પડશે. આ બન્ને ઘટના ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે શરીરમાં રહેલા અશુદ્ધ પદાર્થોમાં રહેલા હાઈડ્રોજન અને કાર્બનનું શ્વાસોચ્છ્વાસ ક્રિયાથી ઓક્સિડેશન ચાલ્યા કરે છે અને હવામાંનો ઓક્સિજન વાયુ લોહીને સ્વચ્છ કરવામાં મદદ કરે છે. મીણબત્તી બળે છે, ત્યારે પણ કાર્બન ડાયોકસાઈડ અને પાણી ઉત્પન્ન થાય છે એટલે મીણબત્તીનું જ્વલન અને શ્વાસોચ્છ્વાસનું પરિણામ એક જ આવે છે. લીલું લાકડું સળગાવીએ ત્યારે પણ અંદરથી પાણી, કાર્બન ડાયોકસાઈડ અને ધુમાડો નીકળે છે.

૫. દાહક પદાર્થ (**Combustible Substance**) અને દહનક્રિયા ઉત્તેજક (**Supporter of Combustion**). જે પદાર્થ બીજા વાયુમાં અથવા બીજા પદાર્થમાં ઉષ્ણતા અને પ્રકાશની સાથે બળે છે તેને દાહક (combustible) પદાર્થ કહેવામાં આવે છે અને જે વાયુમાં એ ક્રિયા થાય છે તેને દહનક્રિયા ઉત્તેજક (supporter of combustion) કહેવામાં આવે છે. આ પ્રમાણે કાર્બન હવામાં અથવા ઓક્સિજનમાં બળે ત્યારે કાર્બનને દાહક (combustible) પદાર્થ કહેવામાં આવે છે અને હવા અથવા

ઑક્સિજનને દહનક્રિયા ઉત્તેજક (supporter of combustion) કહેવામાં આવે છે. ઘણીવાર નીચેના પ્રયોગમાં બતાવ્યા મુજબ બે પદાર્થનું અરસપરસ (reciprocal) દહન પણ થાય છે.

આકૃતિ ૧૭.

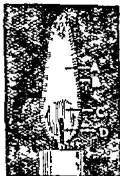


પ્રયોગ ૨૧ મોઃ—આકૃતિ (૧૭) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક ચીમની લઈને નીચેની એક નળીમાંથી કોલગેસ (બાળવાના કામમાં આવે તે) દાખલ કરી બીજી વાંકી નળી વાટે હવા દાખલ કરો. હવાની નળી ઉપર દિવાસળી સળગાવી ધરો તો તે નળી વાટે દાખલ થતી હવા કોલગૅસમાં બળવા લાગશે અને હવાની બળતી જ્યોત (flame) હવા દાખલ થાય તે નળી ઉપર ચીમનીની અંદર બળવા લાગે છે. એ જ ચીમનીને ઉપરથી બધ કરી એક નળીને બહાર લાવી ઉપર સળગેલી દીવાસળી ધરીએ તો ત્યાં પણ એક જ્યોત ઉત્પન્ન થશે. એ જ્યોતમાં કોલગૅસ હવામાં બળે છે.

આ પ્રમાણે બે જ્યોત માલૂમ પડે છે. એક ચીમનીની અંદર કોલગૅસમાં બળતી હવાની જ્યોત અને બીજી ચીમનીને મથાળે હવામાં બળતી કોલગૅસની જ્યોત. આમ અરસપરસ એક વસ્તુનું બીજી વસ્તુમાં દહન થાય છે.

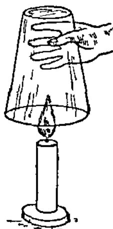
૬. મીણબત્તીની જ્યોત (Candle Flame). આકૃતિ (૧૮) માં મીણબત્તીની જ્યોત બતાવવામાં આવી છે. એ જ્યોતના ત્રણ વિભાગ પાડી શકાય છે. (૧) અંદરનો કાળો અપ્રજ્વલિત ભાગ (dark zone of no combustion) C:—ઉપરના તાપે પીગળેલું મીણનું પ્રવાહી દિવેટ D વાટે ઊંચે ચઢે અને ઉપરના તાપથી એ પ્રવાહીનો વાયુ બને છે. એ વાયુ પ્રથમ દિવેટની આસપાસના કાળા ભાગમાં માત્ર ઉષ્ણ અને અપ્રજ્વલિત અવસ્થામાં હોય છે.

આકૃતિ ૧૮



એની અંદર એક કાચની નળીનો એક છેડો રાખી બીજે છેડે દિવાસળી લગાવીએ તો એમાનો વાયુ કાચની નળીમાથી પસાર થઈ બીજે છેડે સળગીને જ્યોત ઉત્પન્ન કરશે (૨) મધ્યનો અર્ધપ્રજ્વલિત પ્રકાશિત ભાગ A —નીચેના કાળા ભાગનો વાયુ ઊંચે ચઢી ઘણો ગરમ થાય છે. એટલે એ વાયુમા રહેલા કોલસાના બારીક કણો ઘણા ઉષ્ણ થવાથી પ્રકાશિત બને છે આ ભાગમા પણ પૂર્ણ દહનક્રિયા (combustion) થતી નથી, અને જો એકાદ ઠંડી ચીજને એ ભાગમા સહેજ વાર રાખીએ તો તેના ઉપર કોલસાની કાળી મેસ બાઝશે (૩) બહારનો પૂર્ણ દહન થતો ભાગ (area of complete combustion) B — વચ્ચેના પ્રકાશિત જ્યોતના ભાગની ફરતે લગભગ અપ્રકાશિત અથવા સાધારણ ભૂરાશ પડતો કેટલોક ભાગ હોય છે, એમા પ્રકાશિત ભાગમા ઉષ્ણ થયેલા કોલસાના બારીક કણોનુ પૂર્ણ દહન થાય છે એ ભાગનુ ટેમ્પરેચર પણ સૌથી વિશેષ હોય છે, એકાદ દીવાસળીની સળીને જ્યોતમા સળગાવવી હોય તો એ બહારના ભાગમાં ધરવાથી જલદી સળગશે, વચ્ચેના ભાગમા રાખવાથી મોડી સળગશે અને દિવેટની આસપાસના કાળા ભાગમા તો દીવાસળીનો ગધકવાળો છેડો પણ થોડીવાર સળગશે નહિ

આકૃતિ ૧૯

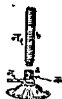


મીણબત્તી બળવાથી એની અંદર રહેલા હાઈડ્રોજન, કાર્બન અને ઑક્સિજન તત્વો

બળે છે, આથી મુખ્યત્વે બે વાયુ પેદા થાય છે. હાઈડ્રોજન બળવાથી હાઈડ્રોજન ઓકસાઇડ (પાણી, H_2O) પેદા થાય છે, અને કાર્બન ના બળવાથી કાર્બન ડાયોકસાઈ (કાર્બન ડાયોકસાઈ, CO_2) વાયુ પેદા થાય છે. મીણબત્તી બળવાથી પાણી ઉત્પન્ન થાય છે એ પુરવાર કરવા બળતી મીણબત્તી ઉપર આકૃતિ (૧૯) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચનેા પ્યાલેા ઊંધેા વાળશેા તેા જણાશે કે પ્યાલાની બાજુમાં પાણીનાં બિંદુ ચેાટ્યાં છે.

૭. બુન્સેન બર્નર અને બર્નરની જ્યેાત (**Bunsen Burner and its Flame**). લગભગ દરેક પ્રયેાગશાળામાં બુન્સેનનેા બર્નર (Bunsen burner) કોઈ પણ વસ્તુને ગરમ કરવા માટે વાપરવામાં આવે છે. જે શહેરમાં કેાલગેસ ઘરેઘરે આપવામાં આવતેા હેાય ત્યાં કેાલસાની ભઠ્ઠીને બદલે કેાલગૅસના બર્નર રાખી ગરમી ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. એના મુખ્ય ભાગમાં એક છૂટી પડી શકે એવી ચારથી પાંચ ઇંચ લાંબી નળી ન૨ છે (આકૃતિ ૨૦).

આકૃતિ ૨૦.



એ નળીને નીચેના સ્કૂમાં ફેરવી જોડવામાં આવે છે. અને સ્કૂવાળા ભાગની વચ્ચેથી એક બારીક નાકાં વાટે ગૅસને દાખલ કરે તેવી નળી છે. એ બારીક નાકામાંથી ન૧ વાટે આવતેા ગૅસ જોરથી નળીમાં થઈને ઊંચે ચઢે છે. એ સ્કૂવાળા ભાગની નીચે સામાસામી બે કાણાં ક રાખેલાં હેાય છે. કેાલગૅસ ઊંચે ચઢે તે સાથે એ બન્ને કાણાંમાંથી પુરતાં પ્રમાણમાં હવા પણ ઊંચે ચઢે છે અને પેાલી નળીમાં જ હવા અને કેાલગૅસનું પુરતાં પ્રમાણમાં મિશ્રણ થાય છે.

જ્યારે મિશ્રણ થયેલેા વાયુ નળીને મથાળે નીકળે છે, ત્યારે એમાં દહન થવાને પુરતેા ઑક્સિજન હેાય છે, એટલે દીવાસળીની જ્યેાત અડતાં જ એ સળગી ઊઠે છે અને નળીને મથાળે લગભગ

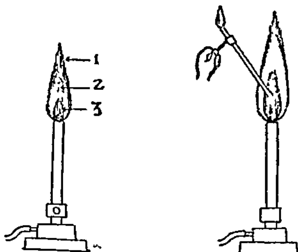
પ્રકાશ વિનાની ઘણી જ ઉષ્ણ જ્યોત ઉત્પન્ન થાય છે. જો એ બર્નરના, જ્યાંથી હવા દાખલ થાય તે, નીચેના કાણાં ક બંધ કરીએ તો પુરતાં પ્રમાણમાં ઑક્સિજન ન મળવાથી કોલગૅસમાં રહેલા કોલસાના બારીક. રજકણો ઉષ્ણ થઈને પ્રકાશિત બનશે અને મીણબત્તીની પેઠે માત્ર બહારના અપ્રકાશિત ભાગમાં જ દહન ક્રિયા થશે. આ જ્યોતની રચના મીણબત્તીની જ્યોતના જેવી જ હોય છે. પ્રકાશિતપણું (luminocity) એ માત્ર ઉષ્ણ થયેલા કાર્બન કણોને જ આભારી છે.

જ્યારે નીચેથી પુરતા પ્રમાણમાં હવા દાખલ થતી હોય ત્યારે જે જ્યોત ઉત્પન્ન થાય તે આકૃતિ (૨૧) માં બતાવી છે. નળીને મથાળે પ્રથમ એક ભાગમાં અપ્રજ્વલિત વાયુનો એક ભાગ (3) હોય છે. એ ભાગની ઉપર વચ્ચેનો ઝાંખો ભૂરાશ પડતો ભાગ (2) હોય છે. એમાં લગભગ સંપૂર્ણ દહનક્રિયા થઈ જાય છે. કેટલોક અર્ધપ્રજ્વલિત ભાગનો વાયુ વચ્ચેના ભાગમાં ન બળી ગયો હોય તે વચ્ચેની જ્યોતને સહેજ પ્રકાશિત બનાવે છે; પરંતુ એ વાયુ પણ ઘણો ગરમ થવાથી બહારના બિલકુલ અપ્રકાશિત ભાગ (1) માં સંપૂર્ણ રીતે બળી જાય છે.

આકૃતિ (૨૧–ब) માં બતાવ્યા મુજબ બર્નરની મોં ઉપરની પ્રમાણમાં ઠંડી જ્યોતમાં જો એક કાચની નળી દાખલ કરીએ તો તેમાંનો વાયુ એ નળીદ્વારા બહાર આવીને બતાવ્યા મુજબ સળગી શકે છે. આ બતાવે છે કે આકૃતિ (૨૧–अ) માં (3) વડે દર્શાવેલા ભાગમાંની જ્યોત પ્રમાણમાં ઠંડા અને નહિ બળેલા વાયુની છે.

પ્રાઇમસ સ્ટવમાં પણ (આકૃતિ પ. વિ. ૫૮) કેરોસિન તેલને હવાના દબાણથી ઊંચે ચઢાવવામાં આવે છે. એ તેલ ગરમ નળીમાં થઈને પસાર થાય છે, એટલે તેનો વાયુ બને છે. એ વાયુ ઉપરની બુન્સેન બર્નર જેવી કાણાંવાળી નળીમાંના એક બારી-

(અ) આકૃતિ ૨૧. (બ)



નાકાં વાટે બહાર પડે છે એટલે એની પૂર્ણ દહનક્રિયા થાય છે અને મેશ વગરની લગભગ અપ્રકાશિત બુન્શેન બર્નરના જેવી જ જ્યોત બળવા લાગે છે.

[ડેવીના રક્ષક દિવા (Davy's safety lamp) માટે જુઓ ૫ વિ.પા.૩૨૧]

સાર

૧. હવામાંના ઑક્સિજનની સાથે ઘણીખરી વસ્તુનો સંયોગ થાય છે કેટલાક સંયોગો ઘણી ગરમી પેદા કરે છે, જ્યારે કેટલાક ધીમા હોય છે કોલસો બળે છે ત્યારે તેનુ ઑક્સિજન સાથે સંયોજન થાય છે અને પુષ્કળ ઉષ્ણતા બહાર પડે છે. આ પ્રકારના ઑક્સિજન સાથેના બળવાને જ્વલન (burning) કહેવામાં આવે છે. જ્યારે પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા બહાર પાડી એક વસ્તુ બળે છે તેવા સામાન્ય જ્વલનના પ્રકારને દહન (combustion) કહેવામા આવે છે.

૨. ઑક્સિડેશન એ દહનનો એક પ્રકાર છે. એ માટે હવા આવશ્યક છે. ફોસ્ફરસને હવામા ખુલ્લો રાખવાથી તેનું મદ દહન (slow com-

bustion) થાય છે. લોખંડને હવામાં ખુલ્લું રાખવાથી તે કટાય છે, એટલે કે તેનો ઑક્સિજન સાથે સંયોગ થાય છે. આ કાર્ય બહુ ધીમું હોવા છતાં તે પણ મંદ દહનનો એક પ્રકાર છે. મેગ્નેઝિયમ કે તાંબાને ગરમ કરવાથી તેમનું દહન થાય છે અને તેથી તેમના ઑક્સાઇડ બને છે. લોખંડનો કાટ એટલે લોખંડનો મંદ દહનથી થયેલો ઑક્સાઇડ.

૩. શ્વાસોચ્છ્વાસ એ પણ એક જાતનું મંદ દહન અથવા ઑક્સિડેશન છે. એમાં પણ ઉચ્છ્વાસમાં રહેલી અશુદ્ધિઓનું હવાના ઑક્સિજન સાથે મંદ દહન થાય છે અને તેમાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ઉત્પન થાય છે.

૪. હવા અથવા ઑક્સિજન સિવાય પણ કોઈ બીજા વાયુમાં એક વસ્તુ પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા સાથે રાસાયણિક ક્રિયા કરે તેને પણ તેને દહનક્રિયા (combustion) કહેવામાં આવે છે. દા. ત. ગંધક અને લોખંડનો સંયોગ.

૫. મીણબત્તીની જ્યોતમાં અપ્રકાશિત ભાગ સૌથી ઉષ્ણ હોય છે. એમાં પ્રકાશિત ભાગમાં પૂર્ણ જ્વલન થતું નથી દિવેટની નજીક બિલકુલ જ્વલન થતું નથી. મીણબત્તી બળવાથી પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ પેદા થાય છે. બુન્શેન બર્નરની જ્યોતમાં પણ બર્નરના મુખની નજીક અપ્રકાશિત ભાગમાં જ્વલન નથી થતું. એથી ઊંચે સાધારણ પ્રકાશિત ભાગમાં થોડું જ્વલન થાય છે અને પૂર્ણ જ્વલનવાળો ઊંચેનો ભાગ બિલકુલ અપ્રકાશિત હોય છે.

પ્રશ્નો

(૧) દહનક્રિયા એટલે શું ? દહનક્રિયાનાં એકબે સાદાં દૃષ્ટાંત આપો.
(૨) જ્વલન માટે હવામાંનો કયો વાયુ ઉપયોગી છે ? એ વાયુ ન હોય તો જ્વલનક્રિયા ચાલતી નથી એ પ્રયોગ વડે દર્શાવો.
(૩) વસ્તુને બાળવાથી વજનમાં વધારો થાય છે એ પ્રયોગ વડે સમજાવો.
(૪) જ્વલનમાં હવાનો કેટલામો ભાગ ઉપયોગમાં આવે છે ?
(૫) ઝડપી અને ધીમાં જ્વલનનો ફેર દૃષ્ટાંત આપી સમજાવો.
(૬) કટાવાની ઘટના અને જ્વલન (ઑક્સિડેશન) એક જ જાતનો પ્રકાર છે એ દર્શાવતો પ્રયોગ બતાવો.
(૭) બુન્શેન બર્નરની રચના અને બર્નરની જ્યોતની સમજુતી આપો.
(૮) મીણબત્તી બળે ત્યારે શું પરિણામ આવે છે ? મીણબત્તીની જ્યોતના પ્રત્યેક ભાગના પ્રકાશિતપણા અને પ્રકાર વિષે નોંધ લખો.
(૯) મીણબત્તીના જ્વલનની અને શ્વાસોચ્છ્વાસની ક્રિયાઓ સરખાવો.

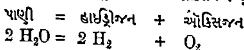
હાઈડ્રોજન અને પાણી (Hydrogen and Water)

૧. હાઈડ્રોજનની નિપજ. હાઈડ્રોજન વાયુ મુક્ત અવસ્થામાં બહુ ઓછાં પ્રમાણમાં મળે છે. જમીનની સપાટી ઉપરની હવામાં ૧૫,૦૦૦ થી ૨૦,૦૦૦ ભાગની હવામાં માત્ર ૧ ભાગ હાઈડ્રોજન વાયુ હોય છે. વાતાવરણમાં જેમ ઊંચે જઈએ તેમ હાઈડ્રોજનનું પ્રમાણ વધતું જાય છે.

સંયુકત અવસ્થામાં હાઈડ્રોજન અનેક પદાર્થોમાં રહેલો છે. પૃથ્વીની સપાટીનો $\frac{3}{4}$ ભાગ પાણીથી ઢંકાયેલો છે. એ બધાં પાણીમાં $\frac{1}{9}$ ભાગનો હાઈડ્રોજન વાયુ રહેલો છે. એ ઉપરાંત વનસ્પતિ અને જીવંત પ્રાણીના તંતુઓમાં હાઈડ્રોજન એક ઘણો અગત્યનો ઘટક (constituent) છે.

૨. હાઈડ્રોજન પેદા કરવાની રીતો. હાઈડ્રોજન પેદા કરવાની ત્રણ રીતો છે; (૧) પાણીનાં વિદ્યુત પૃથક્કરણ વડે; (૨) કેટલીક ધાતુની મદદથી પાણીનું વિઘટન કરવાથી; અને (૩) કેટલીક ધાતુ ઉપર એસિડની ક્રિયાથી.

વિદ્યુત પૃથક્કરણ કરીએ તો પદાર્થવિજ્ઞાનમાં આકૃતિ (૨૬૫) માં બતાવ્યા મુજબ પાણીમાંથી હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન છૂટા પડે છે.



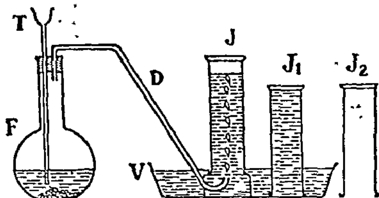
પાણી = હાઈડ્રોજન + ઑક્સિજન

$$2\,H_2O = 2\,H_2 + O_2$$

(૨):—આકૃતિ (૨૨) માં બતાવ્યા મુજબ એક F બરણીમાં પ્રથમ થોડા ચોખ્ખા ઝીંકના નાના ટુકડાઓ નાંખો. હવે એ ઝીંકના ટુકડાઓ બરાબર ઢંકાઈ રહે તેટલું પાણી અંદર રેડો. બરણીનું મોં બે કાણાવાળા અને ચુસ્ત બેસતા એક બૂચ વડે બંધ કરો. એક કાણામાંથી ગળણીવાળી નળી T દાખલ કરો. એ નળીનો નીચેનો છેડો પાણીમાં ડૂબવો જ જોઈએ બીજાં

કાણામાંથી D થી બનાવ્યા પ્રમાણેની વિમોચન નળી (delivery tube) દાખલ કરો. એ નળીનું મોં પાણીથી ભરેલાં V વાસણની અંદર રાખેલાં સગડી આકારની બેસણીના બાજુનાં કાણામાં દાખલ કરેલું છે. નળીનું મોં પાણીની અંદર જ રહેવું જોઈએ.

આકૃતિ ૨૨.



હવે T નળીની ગળણી દ્વારા થોડો થોડો જલદ ગંધકનો તેજાબ (*concentrated sulphuric acid*) નાંખતા જાઓ. ક્રિયા શરૂ થઈ હાઇડ્રોજન વાયુ નીકળવા લાગે એટલે ઍસિડ નાંખવો બંધ કરો. શરૂઆતમાં જે હાઇડ્રોજન વાયુ નીકળે છે તે બહુ ભયજનક છે, કારણ કે એમાં હવા ભળેલી હોય છે. એવા વાયુને જો ભૂલેચૂકે સળગાવવામાં આવે તો તે ધડાકા સાથે સળગી ઉડે છે અને મોટો અકસ્માત પણ કરે છે. આથી શરૂઆતમાં થોડો વાયુ નીકળી જાય પછી એક નાની કશનળી લઈને પાણીથી ભરી D નળી ઉપર ઊંધી વાળી તેને હાઇડ્રોજનથી ભરી લેવી. એના મુખ આગળ દીવાસળી ધરવાથી જો વાયુ નાનો ધડાકો કરી સળગી જાય તો જાણવું કે વાયુ હજી શુદ્ધ નથી. જ્યારે નળીમાંના વાયુને સળગાવતાં ધડાકો ન થાય ત્યારે જાણવું કે વાયુ શુદ્ધ છે.

હવે એવા શુદ્ધ વાયુને ભેગો કરવા પાંચ સાત નળાકાર (*cylinders*)ને J_1 ની પેઠે પાણીથી પૂર્ણ ભરો અને તેને સગડી આકારની બેસણી ઉપર

મૂકીને J ની પેઠે ભરી લેા. એ નળાકારમાં વાયુ ભરાઈ રહે એટલે તેને નીચે કાચની પ્લેટ વડે ઢાંકીને બાજુમાં J_2 ની પેઠે ઊંધેા મૂકેા. એમાં નીચેથી પ્રમાણેની રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે, પાણીમાં જલદ એસિડ રેડવાથી એ એસિડ મંદ (dilute) થાય છે. ઝીંક ઉપર જલદ (concentrated) એસિડ રેડવામાં આવતેા નથી. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની જગ્યાએ મંદ હાઇડ્રોક્લેારિક ઍસિડનું કાર્ય પણ એ જ પ્રકારનું બને છે. નાઇટ્રિક ઍસિડ એ પ્રમાણે વાપરી શકતેા નથી, કારણ કે જે હાઇડ્રોજન વાયુ નીકળે તે પાછેા ઍસિડ સાથે ક્રિયા કરે છે.

ઝીંક + મંદ સલ્ફ્યુરિક એસિડ = ઝીંક સલ્ફેટ + હાઈડ્રોજન
zinc + dilute sulphuric acid = zinc sulphate + hydrogen

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

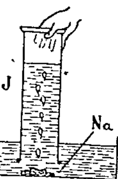
એજ પ્રમાણે

ઝીંક + મંદ હાઈડ્રોક્લેારિક એસિડ = ઝીંક ક્લેારાઈડ + હાઈડ્રોજન

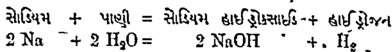
$$Zn + 2\,HCl = ZnCl_2 + H_2$$

(૩):--આકૃતિ (૨૩) માં બતાવ્યા મુજબ એક નાના છાછરાં કાચનાં વાસણમાં થેાડું પાણી લેા. કેરાસિનમાં રાખેલી સેાડિયમ (sodium) ધાતુનેા એક બારીક ટુકડેા કાપીને એક ચીપિયા વડે પકડી એક બ્લોટિંગ કાગળ વડે સૂકેા બનાવી, એ ચીપિયાની સાથે જ પાણીમાં ડુબાવેા. અગર એક ધાતુની જાળીમાં વીંટાળીને અંદર નાંખેા. સેાડિયમને એમને એમ નાંખશેા તે પાણીમાં તરશે અને પાણી ઉપર જ ક્રિયા થશે.

આકૃતિ ૨૩.



હવે જે વાયુ નીકળે છે તેને આકૃતિ (૨૪) માં બતાવ્યા મુજબ એક પાણીથી ભરેલા નળાકારમાં ભેગેા કરેા. એમાં નીચે મુજબ ક્રિયા થાય છે.


સોડિયમ + પાણી = સોડિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ + હાઈડ્રોજન

$2 Na + 2 H_2O = 2 NaOH + H_2$

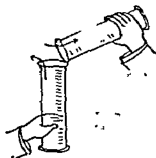
૩. હાઈડ્રોજન વાયુના ગુણધર્મો. ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ હાઈડ્રોજન વાયુને ભેગો કર્યા પછી તેના ગુણધર્મો નીચે પ્રમાણે તપાસી જુઓ.

આકૃતિ ૨૪.



(૧):—આકૃતિ (૨૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બળતી મીણબત્તી એક તાર ઉપર રાખી ઊંધા નળાકારમાં દાખલ કરો. તમારો પ્રયોગ શું બતાવે છે તેની નોંધ કરો. (૨) એક હાઈડ્રોજનના ભરેલા નળાકારને હવાના ભરેલા નળાકારની નીચે આકૃતિ (૨૫) માં બતાવ્યા પ્રમાણે રાખો. ઉપલા નળાકારમાં પ્રથમ હવા હતી, હવે કયો વાયુ આવ્યો તેની પ્રયોગ (૧) માં બતાવ્યા મુજબ ખાતરી કરો. (૩):—હાઈડ્રોજન વાયુની બરણીમાં નિતર્યું ચૂનાનું પાણી નાંખવાથી કંઈ ફેરફાર થાય છે કે ? (૪) માં લિટમસ પેપર નાંખી કંઈ ફેરફાર થતા હોય તો નોંધો. (૫) હાઈડ્રોજનના સ્વાદ, ગંધ, રંગ વગેરેની નોંધ કરો.

આકૃતિ ૨૫.



ઉપરનાં પ્રયોગ (૧) માંથી માલૂમ પડે છે કે હાઈડ્રોજન વાયુ નળાકારનાં મુખ આગળ ભૂરી જ્યોત સાથે બળશે અને નળાકારમાં દાખલ કરવામાં આવેલી મીણબત્તિ બુઝાઈ જશે.

આ ઉપરથી હાઈડ્રોજનના બે ગુણ માલૂમ પડે છે, કે હાઈડ્રોજન જાતે સળગી ઊઠે તેવો (combustible) છે, પરંતુ એની અંદર કોઈ વસ્તુ બળી શકતી નથી. હાઈડ્રોજન બળે ત્યારે પાણી પેદા થાય છે અને તે નળાકારની બાજુએ વળગેલું જણાય છે.

પ્રયોગ (૨) માંથી માલૂમ પડે છે હાઈડ્રોજન વાયુ ઉપલા નળાકારમાં જાય છે, કારણ હાઈડ્રોજન સૌથી હલકામાં હલકો વાયુ છે. દરેક વાયુમાં હાઈડ્રોજન સૌથી હલકો વાયુ હોવાથી એ વાતાવરણમાં તદ્દન ઉપલા ભાગમાં રહેલો છે. એ વાયુના હલકાપણાથી બલુનમાં ભરવા માટે પણ એનો ઉપયોગ થાય છે, પરંતુ એ સળગી જતો હોવાથી એનાથી સહેજ ભારે હેલિયમ વાયુ વધુ વપરાશમાં આવે છે.

ચોખ્ખા હાઈડ્રોજનને ઑક્સિજન સાથે ૨ : ૧ ના પ્રમાણમાં મિશ્રણ બનાવી તેને દીવાની જ્યોત લગાડીએ તો તરત જ મોટો ધડાકો થશે અને બન્નેનું સંયોજન થઈને પાણી ઉત્પન્ન થશે. આકૃતિ ૨૨ માં D નળીને હવામાં રાખીને નીકળતા હાઈડ્રોજનને સળગાવીએ તો તે ભૂરી જ્યોતથી બળે છે.

રાસાયણિક ક્રિયામાં હાઈડ્રોજન ઑક્સિજનહારક એટલે રિડ્યુસીંગ પદાર્થ (reducing agent) છે. ગરમ કરેલા તાંબાના ઑકસાઈડ (copper oxide) ઉપરથી હાઈડ્રોજન પસાર કરવામાં આવે તો તે ઑક્સિજનને લઈ લે છે ($CuO + H_2 = Cu + H_2O$) અને તાંબાના ઑકસાઈડનું રિડકશન થઈને, એટલે કે હાઈડ્રોજન તથા ઑક્સિજનનું સંયોજન બનવાને લીધે, તાંબાના ઑકસાઈડમાંથી પાછું તાંબુ બને છે. (એજ પ્રમાણે બીજાં દ્રવ્યો પણ ઑક્સિજન લઈ લે તો તેને રિડ્યુસીંગ પદાર્થ કહેવામાં આવે છે). તાંબાનાં પતરાંને ગરમ કરીએ તો તેનો ઑકસાઈડ થવાથી કાળું પડે છે. એ ગરમ પતરાંને મેથિલેટેડ સ્પીરિટના પ્યાલામાં નાંખીએ તો તે આકસાઈડમાંથી ઑક્સિજન નીકળી જશે અને પાછું ચોખ્ખું તાંબાનું પતરું મળશે. મેથીલેટેડ સ્પીરિટમાં હાઈડ્રોજનનું તત્ત્વ વિશેષ હોય છે.

૪. હાઈડ્રોજનના ઉપયોગ. (૧) હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનનું મિશ્રણ બનાવી યોગ્ય સાધન વડે તેમને સળગાવી જ્યોત બનાવવામાં આવે તો તે અત્યંત ઉષ્ણ હોવાથી વેલ્ડિંડ, ધાતુને તાવવામાં વગેરે ઉપયોગમાં આવે છે. (૨) હાઈડ્રોજન વડે રબરના ફુગ્ગા ભરીને ઊડાડવામાં આવે તો હાઈડ્રોજન અતિશય હલકો હોવાથી એ ફુગ્ગા આપમેળે હવામાં ઊંચે ઊડશે. આ જ કારણથી બલૂન અને ઘણા હવાઈ જહાજોમાં હાઈડ્રોજન વાયુ ભરવામાં આવે છે. હાઈડ્રોજન વાયુ ઘણો જ્વલનશીલ (combustible) હોવાથી આજકાલ હેલિયમ નામનો વાયુ વાપરવામાં આવે છે. (૩) હાઈડ્રોજન વાયુનો બહુ મોટા પ્રમાણનો ઉપયોગ તેલમાંથી વનસ્પતિ–ઘી (vegetable-ghee) બનાવવામાં થાય છે. પુષ્કળ દબાણથી અને ઊંચાં ટેમ્પરેચરે હાઈડ્રોજન અને તેલને, પ્લેટિનમ ધાતુને ઉદ્દિપક (catalyser) તરીકે વાપરી, સંયોગમાં લાવવાથી તેલમાં હાઈડ્રોજન વાયુ સંયોજિત થાય છે અને તેને ઘીના જેવું બનાવે છે.

૫. પાણીનાં બંધારણમાં હાઈડ્રોજન રહેલો છે. ઉપરના પ્રયોગ (૩) માં સોડિયમ ધાતુ પાણી ઉપર ક્રિયા કરે ત્યારે તેમાંથી હાઈડ્રોજન વાયુ નીકળે છે. એ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે પાણીમાં હાઈડ્રોજન વાયુ રહેલો છે. નીચેના બીજા પ્રયોગ વડે પણ ખાતરી થશે કે પાણીમાં હાઈડ્રોજન વાયુ હોય છે.

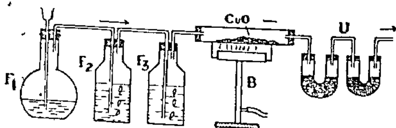
જો મૅગ્નેઝિયમ ધાતુને સળગાવીને ઊકળતાં પાણીની વરાળમાં રાખીએ તો તે બળે છે અને પાણીના ઑક્સિજનનું મૅગ્નેઝિયમ જોડે સંયોજન થાય છે અને હાઈડ્રોજન વાયુ બાકી રહે તે બહાર નીકળે છે. બીજી ઘણી ધાતુને (જેવી કે કૉપર–તાંબું, આયર્ન —લોખંડ) તપાવીને અને તેના ઉપરથી પાણીની વરાળ પસાર

કરીએ તો પાણીના ઓક્સિજનનું ધાતુ સાથે સંયોજન બની ધાતુનો ઓકસાઇડ થાય છે અને હાઈડ્રોજન વાયુ છૂટો પડે છે.

વિદ્યુત પૃથક્કરણ ઉપરથી પણ સમજાય છે કે પાણીમાં હાઈડ્રોજન અને ઓક્સિજન રહેલાં છે.

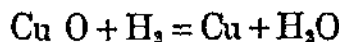
૬. પાણીમાં સંયોજિત થયેલા હાઈડ્રોજન અને ઓક્સિજનનું પ્રમાણ નિયત કરવું. પ્રયોગ:—આકૃતિ (૨૬) માં બતાવ્યા મુજબ એક હાઈડ્રોજન પેદા કરવાની બરણી F_1 લો. એની નળીને F_2 માં

આકૃતિ ૨૬.



રહેલા જલદ સલ્ફ્યુરિક એસિડમાં ડુબાવો. F_2 માં હવામાં ખુલ્લી રહેલી બીજી નળીને F_3 શીશીમાં રહેલા સોડિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડનાં દ્રાવણમાં ડુબાવો. F_3 ની બીજી હવામાંથી નીકળતી નળીને એક બંને છેડે ખુલ્લી, પહોળી અને તાપ સહન કરે તેવી નળીમાં દાખલ કરો. એ નળીમાં થોડો તોલ કરેલો કોપર ઓકસાઈડ (CuO) રાખો. એ નળીના બીજા છેડાને બે જોડેલી અને આગળથી તોલેલી U–નળીઓ સાથે જોડો. હવે F_1 ની ગળણીમાં ધીમે ધીમે જલદ સલ્ફ્યુરિક એસિડ રેડો અને થોડો વાયુ બહાર ચાલ્યો જાય પછી કોપર ઓકસાઈડને ખૂબ તપાવો અને તે સાથે તેના ઉપરથી હાઈડ્રોજન વાયુ ચાલુ પસાર રહે તે ધ્યાનમાં રાખો. હવે પ્રયોગ બંધ કરીને કોપર ઓકસાઈડનું વજન કરો અને કોપર ઓકસાઈડમાં થયેલો વજનનો ઘટાડો શોધી કાઢો. હવે U–નળીઓનું ફરીથી વજન કરો અને તેમાં થયેલો વજનનો વધારો શોધી કાઢો.

આ પ્રયોગમાં F_2 બરણીમાંનો સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ હાઈડ્રોજન વાયુમાં રહેલો ભેજ દૂર કરે છે. F_2 બરણીમાંનો સોડિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડ કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ જેવી અશુદ્ધિ હોય તેને દૂર કરે છે. કૉપર ઑક્સાઈડમાંનો ઑક્સિજન હાઈડ્રોજન સાથે સંયોજિત થાય છે અને તેમાંથી હાઈડ્રોજન ઑક્સાઈડ અથવા પાણી પેદા થાય છે. એ પાણી U–નળીમાંનો કૅલ્સિયમ ક્લોરાઈડ શોષી લે છે. ક્રિયા નીચે મુજબ થાય છે.



$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

ઉપરના પ્રયોગમાં ધારો કે કૉપર ઑકસાઈડનાં વજનમાં ૧.૬ ગ્રામ જેટલો ઘટાડો થયો છે અને U નળીનાં વજનમાં ૧.૮ ગ્રામ જેટલો વધારો થયો છે. એટલે એમ માલૂમ પડે છે કે કૉપર ઑકસાઈડ-માંથી ૧.૬ ગ્રામ ઑકિસજનનું હાઈડ્રોજન સાથે સંયોજન થવાથી ૧.૮ ગ્રામ પાણી પેદા થયું છે. આથી એમ પણ સમજાય છે કે ૧.૮ – ૧.૬ = ૦.૨ ગ્રામ જેટલો હાઈડ્રોજન સંયોજિત થયો છે, અને તેથી પેદા થયેલાં સંયોજનમાં (પાણીમાં) હાઈડ્રોજન અને ઑકિસજનનું વજનનું પ્રમાણ નીચે મુજબ છે.

હાઈડ્રોજન : ઑક્સિજન : : ૧ : ૮ ; વજનનું પ્રમાણ

વિદ્યુત પૃથક્કરણથી એ બે વાયુ કેટલા કદનાં પ્રમાણમાં સંયોજિત થયેલા છે તે સમજાય છે.

હાઈડ્રોજન : ઑક્સિજન : : ૨ : ૧ ; કદનું પ્રમાણ

૭. પાણીના ગુણધર્મો. પાણી સ્વાદ વિનાનું, રંગ વિનાનું અને પારદર્શક હોય છે. પાણી 0° સે. એ ઘનમાંથી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં આવે છે અને ૧૦૦° સે. એ ઊકળે છે અને વરાળ બને છે. ૪° સે. એ પાણીની ઘનતા મહત્તમ (maximum) હોય છે. પાણી મંદ ઉષ્ણતાવાહક અને મંદ વિદ્યુતવાહક છે. પાણીની દ્રાવકશક્તિ બીજાં કોઈ પણ પ્રવાહીના કરતાં વધુ હોવાથી ઘણા પદાર્થોને વત્તાંઓછાં

પ્રમાણમાં ઓગાળી શકે છે. ઠંડાં પાણીના કરતાં ગરમ પાણી વધુ પદાર્થ ઓગાળી શકે છે. પાણીમાં ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ ત્રણે ઓગળી શકે છે. ઘન ક્ષારો (મીઠું, સાકર, ફટકડી, સુરોખાર વગેરે અનેક પદાર્થ) પાણીમાં ઓગળે છે. કેટલાક તેજાબ, આલ્કોહોલ વગેરે પ્રવાહી પાણીમાં ઓગળે છે. સોડાવૉટરમાં કાર્બન ડાયોક્સાઇડ વાયુ ઓગળેલો હોય છે. ઑક્સિજન, નાઈટ્રોજન, ક્લોરિન, સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ વગેરે વાયુ પાણીમાં ઓગળી જાય છે. પાણી હવામાં ભેજ રૂપે રહે છે. પાણી વનસ્પતિમાં, મનુષ્યનાં શરીરમાં, દૂધ, ફળફળાદીમાં પણ પ્રવાહી રૂપે રહેલું હોય છે. સ્ફટિક (crystal) માં પાણી ઘન સ્વરૂપે " સ્ફટિક–જળ (water of crystallisation) " તરીકે રહે છે.

૮. કઠિન અને નરમ પાણી (Hard and Soft Water).

પ્રયોગ (૧) :—એક પ્યાલામાં થોડો મદ આલ્કોહોલ લઈને તેની અંદર સાબુનાં દ્રાવણનાં થોડાં ટીપાં નાંખો. એ દ્રાવણને હવે એક શીશીમાં વરસાદનાં અથવા ડિસ્ટીલ્ડ પાણીમાં રેડો અને શીશીને ખૂબ હલાવો. એમાં ખૂબ ફીણ વળે છે અને તે લાંબો વખત સુધી ટકી રહે છે.

પ્રયોગ (૨) :—એક શીશીમાં કેલ્સિયમ બાઈકાર્બોનેટનું દ્રાવણ બનાવો અને બીજીમાં કેલ્સિયમ કલોરાઈડનું દ્રાવણ બનાવો. બન્ને દ્રાવણમાં હવે ઉપલા પ્રયોગની મુજબ સાબુનું દ્રાવણ નાંખીને શીશીઓને ખૂબ હલાવો માલૂમ પડશે કે ઘણું સાબુનું દ્રાવણ નાંખીએ તે નકામું જાય છે અને લાંબા વખત પછી ફીણ થવા લાગે છે.

પ્રયોગ (૩) :—બન્ને દ્રાવણને ખૂબ ઉકાળ્યા પછી ઉપરનો પ્રયોગ (૨) ફરીથી કરી જુઓ. માલૂમ પડશે કે કેલ્સિયમ બાઈકાર્બોનેટનાં ઊકાળેલાં દ્રાવણમાં હવે સહેલાઈથી ફીણ થાય છે, પરંતુ કેલ્સિયમ કલોરાઈડ–વાળાંમાં કઈ તફાવત પડતો નથી.

પ્રયોગ (૪) :—હવે કેલ્સિયમ કલોરાઈડનાં દ્રાવણમાં થોડો ધોવાનો

સેાડા ખાર નાંખેા અને તેને પ્રથમ ઊકાળેા. ઉપર છારી બાઝે છે તેને ગાળણુ કરી છૂટી પાડેા. હવે જે નિર્મળ પાણી રહે તેમાં સાબુનું થેાડું દ્રાવણુ નાંખેા અને ફીણુ થાય છે કે તે તપાસી જુએા. આ વખતે તરતજ ફીણુ પેદા થતુ માલૂમ પડે છે.

ઉપરના પ્રયેાગમાંથી આપણુને નીચેની બાબતેા માલૂમ પડે છે. વરસાદનાં અને ડિસ્ટીલ્ડ પાણીમાં સાબુનું ફીણુ બહુ સહેલાઈથી પેદા થાય છે. આવું પાણી કપડાં ધેાવામાં ઘણું ઉત્તમ છે.

પ્રયેાગ (૨ – ૩) માંથી સમજાય છે કે કેલ્સિયમ બાઈ-કાર્બોનેટ અને કેલ્સિયમ ક્લેારાઈડના દ્રાવણુમાં સાબુનું ફીણુ ઝટ થતું નથી અને ઘણું સાબુનું દ્રાવણુ નકામું જાય છે. આમ છતાં સેાડિયમ બાઈકાર્બોનેટનાં દ્રાવણુને ગરમ કરવાથી તેમાં સહેલાઈથી સાબુનું ફીણુ થાય છે, પરંતુ કેલ્સિયમ ક્લેારાઈડનાં દ્રાવણુમાં તેથી ફેર પડતેા નથી. પ્રયેાગ (૪) માં બતાવ્યા મુજબ કેલ્સિયમ ક્લેારાઈડનાં દ્રાવણુમાં થેાડેા સેાડા ખાર નાંખીને ગરમ કરીએ તેા તેમાં સાબુનું ફીણુ ઝટ થાય છે.

જે પાણીમાં સાબુનું ફીણુ ઝટ થાય તેને **નરમ પાણી** (soft water) કહેવામાં આવે છે. પ્રયેાગ (૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જે પાણીમાં સાબુનું ફીણુ ઝટ થતું નથી તેને **કઠિન પાણી** (hard water) કહેવામાં આવે છે.

પ્રયેાગ (૩) ઉપરથી બીજી બાબત એ માલૂમ પડે છે કે સેાડિયમ બાઈકાર્બોનેટથી થયેલું કઠિન પાણી ગરમ કરવાથી નરમ (soft) થાય છે એટલે કે તેમાં ઝટ સાબુનું ફીણુ થાય છે, પરંતુ કેલ્સિયમ ક્લેારાઈડનાં દ્રાવણુમાં તેમ થતું નથી. જે પાણીને માત્ર ગરમ કરવાથી નરમ (soft) બનાવી શકાય છે તેને **અસ્થાયી કઠિનતા** (temporary hardness) વાળું પાણી કહેવાય છે. જે

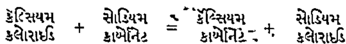
પાણીને ગરમ કરવાથી નરમ (soft) બનાવી શકાતું નથી તેને **સ્થાયી કઠિનતા** (permanent hardness) વાળું પાણી કહેવામાં આવે છે.

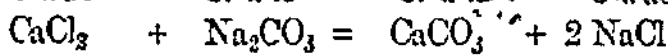
પ્રયોગ (૪) વડે સ્થાયી કઠિનતાવાળાં પાણીને કેવી રીતે નરમ બનાવી શકાય તે બતાવેલું છે.

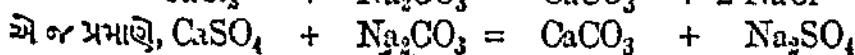
વરસાદનું અને રેતાળ નદીઓનું પાણી સામાન્ય રીતે નરમ પાણી હોય છે. વરસાદનું પાણી જે જમીનમાં પચે છે તેમાં થોડે અંશે જમીનમાં રહેલા દ્રાવ્ય ક્ષારો ઓગળે છે. એ પાણીમાં ઘણીવાર હવામાંથી થોડો કાર્બન ડાયોકસાઈડ વાયુ પણ ઓગળેલો હોય છે. એ વાયુ પાણીમાં ઓગળેલો હોય તો તેવાં પાણીમાં કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ (ચાક) પણ થોડે અંશે ઓગળે છે અને તેથી પાણીમાં કાર્બન ડાયોકસાઈડ અને ચાકનું સંયોજન, સોડિયમ બાઈ-કાર્બોનેટ રૂપે દ્રાવણમાં રહે છે. જમીનમાં ખોદેલા ઘણાખરા કુવામાં આવું પાણી નીકળે છે. એ પાણીમાં કપડાં ધોવાથી ઘણો સાબુ તદ્દન નકામો જાય છે. વળી એવું પાણી વરાળયંત્રના બોઇલરમાં વાપરવામાં આવે તો તે ગરમ થવાથી તેમાંથી કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ પેદા થાય છે અને તેથી તેનું પડ બોઇલરની બાજુએ બાઝી જાય છે. એ પડ જાડું થવાથી બોઇલરમાં જોઈએ તે પ્રમાણમાં ઉષ્ણતા જઈ શકતી નથી અને તેથી એવી જાતનું પાણી એકંદરે બોઇલરોમાં નુકસાનકારક છે. આવાં સોડિયમ બાઈ-કાર્બોનેટ ઓગળેલાં અસ્થાયી કઠિનતાવાળાં પાણીને માત્ર ગરમ કરવાથી નરમ બનાવી શકાય છે.

જમીનમાંથી મોટે ભાગે સ્થાયી કઠિનતાવાળું પાણી નીકળે છે, એટલે જે જગ્યાએ એવું પાણી ધોવામાં અને બોઇલરોમાં વાપરવું પડે તો તેને રાસાયણિક ક્રિયા વડે નરમ બનાવવું પડે છે.

એવાં સ્થાયી કઠિનતાવાળાં પાણીમાં સામાન્ય રીતે કૅલ્સિયમ ક્લોરાઈડ, કૅલ્સિયમ સલ્ફેટ, મૅગ્નેઝિયમ ક્લોરાઈડ અને મૅગ્નેઝિયમ સલ્ફેટ જેવા ક્ષારો વત્તાંઓછાં પ્રમાણમાં ઓગળેલા હોય છે. આથી એવાં પાણીને એકબે રાસાયણિક ક્રિયા વડે નરમ બનાવી શકાય છે. ધોવાનો સોડા ખાર નાંખવાથી નીચે પ્રમાણે ક્રિયા થાય છે.


કૅલ્સિયમ ક્લોરાઈડ + સોડિયમ કાર્બોનેટ = કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ + સોડિયમ ક્લોરાઈડ


$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2\,NaCl$


એ જ પ્રમાણે, $CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$

આ પ્રમાણે ક્રિયા થવાથી અદ્રાવ્ય કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ અને દ્રાવ્ય સોડિયમ ક્લોરાઈડ અથવા સોડિયમ સલ્ફેટ પેદા થાય છે. આમ થોડાં પ્રમાણના સોડિયમના દ્રાવ્ય ક્ષારો પાણીમાં રહે તે પાણીને કઠિન બનાવતા નથી. આ પ્રમાણે પાણીમાં રહેલી સ્થાયી કઠિનતા દૂર કરી શકાય છે.

૮. પીવાનું પાણી. પીવાને માટે જે પાણી વપરાય છે તેમાં કોઈક સ્થળે શરીરનાં તત્ત્વોને પોષક પદાર્થો ઓગળેલા હોય છે. એવું પાણી ઘણીવાર પાચનક્રિયાને ઘણું માફક આવે છે. કેટલીક જગ્યાનાં પાણી એવાં હોય છે કે તે પીવાથી ઘણી જાતના રોગો, બંધકોષ વગેરે થાય છે. આવાં પાણીમાં સૂક્ષ્મ જીવજંતુ હોવાનો પણ સંભવ રહે છે. જીવતાં સૂક્ષ્મ જંતુ હોય તે દૂર કરવા સામાન્ય રીતે પાણીને ઊકાળીને ઠંડું પાડીને પછી પીવું એ લાભદાયક છે. મોટાં શહેરોની પાણીની ટાંકીમાં ક્લોરિન, પોટાસિયમ પરમૅન્ગૅનેટ વગેરે જંતુનાશક દવાઓ વડે પણ પાણીનું શુદ્ધિકરણ કરવાંમાં આવે છે. બારીક રેતી, બારીક કોલસીની ભૂકી અને છિદ્રાળુ વાસણોમાંથી ગાળવાથી પણ પાણીને જંતુવિમુક્ત કરી શકાય છે.

વરસાદ અને ડિસ્ટીલ્ડ પાણી સૌથી શ્રેષ્ઠ છે. દવામાં ડિસ્ટીલ્ડ પાણી જ વાપરવું જોઈએ. ઊનાઈ, લસુંદ્રા, તુવા અને વજ્રેશ્વરી જેવા સ્થળે ઊના પાણીના ઝરા છે. એ પાણીમાં ગંધક અને એવા બીજા પદાર્થોના ગુણકારી ક્ષારો હોય છે અને તેથી તેમાં ચામડીના ઘણા રોગો દૂર કરવાનો ગુણ રહેલો હોય છે. યૂરોપમાં એવાં ઘણે ઠેકાણેના ઝરાના પાણી પીવા માટે પણ વખણાય છે.

સાર

૧. પાણીનુ વિદ્યુત પૃથક્કરણ કરવાથી તે તેના બે ઘટકોમાં છૂટું પડે છે ધન (+) છેડા ઉપર ઑક્સિજન ભેગો થાય છે અને ઋણ (−) છેડા ઉપર હાઈડ્રોજન ભેગો થાય છે. હાઈડ્રોજન વાયુનું કદ ઑક્સિજન કરતાં બેવડું હોય છે. બે ભાગ હાઈડ્રોજન અને એક ભાગ ઑક્સિજનના સયોગથી પાણી પેદા થાય છે.

૨. જસતના ટુકડા ઉપર મદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખીએ તો તેમાંથી હાઈડ્રોજન વાયુ પેદા થાય છે. એને વિમોચન નળી દ્વારા પાણીને સ્થળાંતર કરી ભરી લેવામાં આવે છે. ઘણી ધાતુઓની ઉપર પાણીને રેડીએ અથવા પાણીની વરાળને પસાર કરીએ તો તેમાંથી હાઈડ્રોજન નીકળે છે. દા ત સોડિયમ સાધારણ ટેમ્પરેચરે હાઈડ્રોજન છૂટો પાડે છે.

૩. હાઈડ્રોજન રંગ, સ્વાદ અને ગધ વિનાનો વાયુ છે. એ સૌથી હલકો વાયુ છે અને તેથી બલૂન એનાથી ભરવામાં આવે છે. હાઈડ્રોજન વાયુમાં વસ્તુ બળી શકતી નથી, પરંતુ હાઈડ્રોજન જાતે હવામાં અને ઑક્સિજનમાં બળી શકે છે. ચૂનાનાં પાણી અને લિટમસ કાગળ ઉપર એની અસર થતી નથી.

૪. પાણી ઘણી વસ્તુને ઓગાળે છે. પાણી અનેક ઉપયોગમાં આવે છે. જમીનમાં પચવાથી તેમાંના ક્ષાર ઓગળવાથી તે કઠિન બને છે. નરમ પાણીમાં સાબુનુ ફીણ તરત બંધાય છે, કઠિન પાણીમાં નથી બધાતું કઠિનતા સ્થાયી અને અસ્થાયી પણ હોય છે. અસ્થાયી કઠિનતા પાણીને ઊકાળીને દૂર કરી શકાય છે. સ્થાયી કઠિનતા દૂર કરવા પાણીમાં વૉશીંગ સોડા નાંખવો

પડે છે. પીવાના પાણીની અશુદ્ધિ ઊકાળવાથી, પોટાસિયમ પરમેન્ગેનેટ નાંખવાથી, ક્લોરિન પસાર કરવાથી, બ્લિચિંગ પાઉડર નાંખવાથી અને ફિલ્ટર કરવાથી દૂર થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) પાણી હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનનું બનેલું છે એ પ્રયોગ વડે પુરવાર કરો.

(૨) પાણીમાં હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનનાં કદ અને વજનનું પ્રમાણ કેટલું છે એ કેમ નિયત કરશો ?

(૩) પાણી કઠિન કેમ બને છે ? કેટલા પ્રકારે કઠિન પાણીને નરમ બનાવી શકાય છે ? અસ્થાયી અને સ્થાયી કઠિનતા કેમ દૂર થાય છે ?

(૪) હાઈડ્રોજન ઉત્પન્ન કરવાની રાસાયણિક ક્રિયાનું સમીકરણ લખો. હાઈડ્રોજન કેમ ઉત્પન્ન કરશો ? હાઈડ્રોજન ઉત્પન્ન કરવાની રાસાયણિક ક્રિયાનું સમીકરણ લખો. હાઈડ્રોજનના ગુણધર્મો વર્ણવો.

(૫) પાણીના વિદ્યુત પૃથક્કરણ વિષે ટૂંક નોંધ લખો.

પ્રકરણ ૯

કોલસો અને તેના સંયોજનો

Carbon and its Compounds

૧. કાર્બનના સ્વરૂપો. કાર્બન (કોલસો) દરેક જીવંત વસ્તુ (વનસ્પતી અને પ્રાણીમાત્રમાં) એક યા બીજે રૂપે રહેલો છે. વનસ્પતિ, માંસ વગેરે વસ્તુને બાળતાં કોલસો ઉત્પન્ન થાય છે; ખાંડમાં પણ કોલસો હોય છે; સ્ટાર્ચ, અનાજ વગેરે સર્વમાં કોલસો હોય છે. એ દરેક ઉપર ગંધકનો જલદ તેજાબ (સલ્ફ્યુરિક એસિડ) નાંખવાથી કોલસો ઉત્પન્ન થાય છે. કુદરતી રીતે કાર્બન ડાયોકસાઇડમાં, પથ્થરમાં, ચાકમાં, આરસપહાણમાં, પરવાળામાં, ખનિજ તેલોમાં, ચરબી, તેલ, ઘી અને વનસ્પતિમાં પણ કાર્બન મળે છે. કાર્બન નીચે બતાવ્યા પ્રમાણે જુદાંજુદાં રૂપો (allotropic form) માં મળી આવે છે.

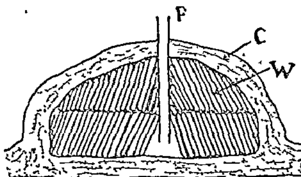
કાર્બનના મુખ્ય સ્વરૂપો નીચેનાં છે

(૧) હીરો (**Diamond**):—હીરો એ કાર્બનનું શુદ્ધ સ્ફટિકનું સ્વરૂપ છે. હીરો રંગ વિનાનો, પારદર્શક અને સ્ફટિકરૂપ પદાર્થ છે. જગતમાં મળતી કોઈ પણ વસ્તુ કરતાં એ વધુ સખત છે. એનો ઉપયોગ ઘરેણા તરીકે અને કાચ વગેરે વસ્તુને કાપવામાં થાય છે. હીરાને બાળતાં બિલકુલ અવશેષ રહેતો નથી અને બધા હીરાનો કાર્બન ડાયોકસાઇડ થઈ જાય છે.

(૨) ગ્રેફાઇટ (**Graphite**):—એ કાળો, લીસો, પોચો અને ચળકતો કાર્બન છે. એ કુદરતી સ્વરૂપમાં કેલિફોર્નીયા, હિંદુસ્તાન અને સિલોનમાં મળી આવે છે અને અસલ ઈંગ્લેન્ડમાં કમ્બરલેન્ડ પરગણામાંથી ખૂબ જથ્થામાં મળી આવતો. હવે ઉત્તર અમેરિકામાં નિયાગરા પ્રદેશમાં બનાવટી ગ્રેફાઇટ પેદા કરવામાં આવે છે. એનો ખાસ ઉપયોગ પેન્સીલ બનાવવામાં થાય છે. લખવાની પેન્સીલની કાળી લેડ (black lead) હોય છે તે ગ્રેફાઇટને બ્લેક લેડ અથવા પ્લમ્બેગો (plumbago) પણ કહેવામાં આવે છે.

(૩) વનસ્પતિનો કોલસો (Wood charcoal):—વનસ્પતિની મોટી ભઠ્ઠી બનાવી હવા દાખલ નહિ થાય એમ બાળવામાં આવે, તો તેમાંથી એ કોલસો ઉત્પન્ન થાય છે (આકૃતિ ૨૭). એ કોલસો પ્રમાણમાં પોચો અને છિદ્રાળુ હોય છે. બંધ વાસણમાં હવા બંધ કરી લાકડાંને ગરમ કરવામાં આવે તો પણ કોલસો બને છે અને બીજા કેટલાક પદાર્થો પણ મળે છે; જેવાં કે ડામર, એસિટિક એસિડ, સ્પિરિટ, વગેરે. કોપરાંની કાચલીનો કોલસો ગૅસમારકમાં ઝેરી વાયુ શોષી લેવા વપરાય છે.

આકૃતિ ૨૭,



લાકડામાંથી કોલસો બનાવવાની ભઠ્ઠી

W લાકડાં, C માટીનો જાડો થર, P બળેલો વાયુ અને ધુમાડો જવાનો માર્ગ

(૪) પ્રાણીજ કોલસો (Animal Charcoal):—હાડકાંને હવા ન મળે એમ બાળવામા આવે તો આ કોલસો ઉત્પન્ન થાય છે. એ છિદ્રાળુ અને પોચો હોય છે, એટલે કેટલાક વાયુને ચૂસી લે છે. આથી દુર્ગંધ મારતા વાયુને દૂર કરવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે. વળી સાધારણ મેલા રંગવાળી વસ્તુમાથી રંગ દૂર કરવો હોય તો તેને એ કોલસામાંથી ગાળી કાઢવામાં આવે છે. ખાંડને ચોખ્ખી કરવા આ જાતના કોલસામાથી ખાંડનાં દ્રાવણને ગાળવામાં આવે છે.

(૫) ખનિજ કોલસો (Coal):—ખનિજ કોલસો જમીનનાં પડમાંથી મળી આવે છે. ઘણા પ્રાચીન કાળમાં વનસ્પતિનાં જંગલો ભૂ

દટાઈ ગયેલાં હશે તેની ઉપર જમીનનાં દબાણથી અને ભીતરની ગરમીને લીધે વનસ્પતિનો કોલસો બની ગયો છે. કોલસો ઘટ્ટ અને કઠણ છે. અને વિશેષ પ્રમાણમાં કાર્બન તત્ત્વ એમાં રહેલું હોય છે એટલે ઘણી ગરમી આપી શકે છે

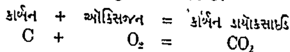
(૬) કોલસી (કોક) અને ગૅસ કાર્બન (Coke and Gas Carbon):—જ્યારે ખનિજ કોલસો બંધ વાસણમાં ખૂબ ગરમ કરવામાં આવે, ત્યારે તેમાંથી કોલ ગૅસ નીકળે છે અને કોલસી (coke) નીચે રહી જાય છે. એ કોલસીમાં પણ કાર્બન તત્ત્વ ઘણુ હોય છે એટલે બળતણ તરીકે ઘણો ઉપયોગી છે. તદ્દન બારીક ભૂકાવાળો ભાગ સખત થર રૂપે તે વાસણ નીચે બાઝી જાય છે તેને ગૅસ કાર્બન (gas carbon) કહેવામાં આવે છે. તે વિદ્યુતવાહક છે અને કાર્બન જ્યોત (arc lamp) બનાવવામાં પણ તેનો ઉપયોગ થઈ શકે છે.

(૭) મેશ:—હંમેશાં મેશ (lamp black) તેલ, ઘી, ડામર, કેરોસિન અને બીજા એવા પદાર્થોને ઓછી હવામાં બાળવામાં આવે છે, ત્યારે તેમાંથી નીકળે છે. એ ઘણી જ બારીક હોય છે. છાપવાની શાહી બનાવવામાં તે વપરાય છે.

ઉપર દર્શાવેલા જુદાજુદા પ્રકારના કોલસાને બે વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવ્યા છે. સ્ફટિકરૂપે મળતા હીરા અને ગ્રેફાઇટ કોલસાને સ્ફટિક કોલમો કહેવામાં આવે છે અને બાકીના પ્રાણીજ કોલસો, ખનિજ કોલસો, મેશ, ગૅસ, કાર્બન વગેરેને અસ્ફટિક (amorphous) કાર્બન કહેવામાં આવે છે. ઉપરના દરેક પદાર્થો કાર્બનના જુદાંજુદાં સ્વરૂપ છે.

ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક જ તત્ત્વ અનેક રૂપે અસ્તિત્વ ધરાવતું હોય અને તેમના સાધારણ ભૌતિક (physical) ગુણોમાં જ ફેર પડતો હોય તે ઘટનાને એલોટ્રોપી (allotropy) કહેવામાં આવે છે.

૨. કાર્બન ડાયોક્સાઈડ કેવી રીતે મેળવવો. (Carbon dioxide : preparation of CO_2). જ્યારે વનસ્પતિ કે જીવંત વસ્તુ બળે ત્યારે આ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.



કાર્બન + ઓક્સિજન = કાર્બન ડાયોક્સાઈડ

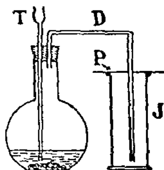
$$C + O_2 = CO_2$$

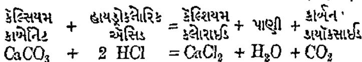
સડેલી વનસ્પતિમાંથી પણ એ નીકળે છે. પ્રાણીમાત્રના ઉચ્છ્વાસમાંથી એ બહાર પડે છે. ચાક, આરસપહાણ વગેરે કેટલાક કાર્બનના તત્ત્વોવાળા પથ્થરોને ગરમ કરતાં પણ કાર્બન ડાયોક્સાઈડ વાયુ મળી આવે છે.

નીચેના પ્રયોગ વડે એ વાયુ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

પ્રયોગ (૧) :—આકૃતિ (૨૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચની બરણીમાં થોડા આરસપહાણના (કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ અથવા ચાકનો–ચુનાનો પથ્થર પણ ચાલે) ટુકડા નાંખી ઉપરથી થોડું પાણી રેડો. એ બરણીનું મોં બે કાણાવાળા બૂચ વડે બંધ કરો. એક બૂચમાંથી એક ગરણીવાળી નળી T દાખલ કરો. નળી છેક પાણીની નીચે જવી જોઈએ. બીજી કાટખૂણે વળેલી વિમોચન નળી D ને બીજા કાણામાં દાખલ કરો અને તેનો બીજો છેડો એક નળાકાર J માં બતાવ્યા પ્રમાણે નીચે ઉતારો. હવે ગળણીમાં થોડો હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ (hydrochloric acid) રેડો. નળાકારમાં કાર્બન ડાયોક્સાઈડ વાયુ ભેગો થશે અને એ ભારી હોવાથી હવાને સ્થળાંતર કરશે.

આકૃતિ ૨૮.

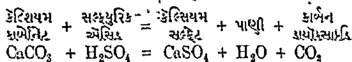




કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ + હાયડ્રોક્લોરિક ઍસિડ = કેલ્શિયમ ક્લોરાઈડ + પાણી + કાર્બન ડાયોક્સાઈડ

$$CaCO_3 + 2\,HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડને બદલે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખીએ તોપણ ચાલી શકે પરંતુ ચાકની ઉપર અદ્રાવ્ય (insoluble) કેલ્શિયમ સલ્ફેટનું પડ બાઝી જવાથી થોડીવાર પછી રાસાયણિક ક્રિયા બંધ પડે છે.



કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ = કેલ્સિયમ સલ્ફેટ + પાણી + કાર્બન ડાયોક્સાઈડ

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

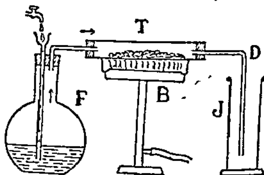
(૨) :—ચાકને ખૂબ તપાવવાથી પણ આ વાયુ મળે છે. ચૂનાના કાંકરા, આરસપહાણ વગેરેને તપાવવાથી પણ એ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ = કેલ્શિયમ ઑક્સાઇડ (ચૂનો) + કાર્બન ડાયોક્સાઇડ

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

પ્રયોગ (૩) :—આકૃતિ (૨૯) માં બનાવ્યા મુજબ એક બરણી F માં થોડું પાણી ભરો અને તેમાં એક ગળણીવાળી નળી દાખલ કરો. બીજી નળીને કાટખૂણે વાળી T નળી સાથે જોડો T નળીમાં થોડો કોલસો રાખો અને એ નળીની છેડેથી નીકળતી બીજી નળી D ને એક ઊભા નળાકારમાં રાખો. હવે T નળીમાંના કોલસાને ખૂબ તપાવો અને બરણી F માં ગળણીવાળી નળી દ્વારા ધીમેધીમે પાણી પડવા દો. F માંની હવા T માંના કોલસા ઉપર થઈને પસાર થશે અને તેથી હવામાંના ઑક્સિજન સાથે કાર્બનનો સંયોગ થઈ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ વાયુ J માં ભેગો થશે. ($C + O_2 = CO_2$).

આકૃતિ ૨૯.

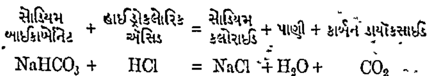


(૪) :—ખાવાનો સોડા-બાઇકાર્બ (sodium bicarbonate) લઈને થોડો એક પાણીમાં ઓગાળો. એ પાણીને ગરમ કરો. અંદરથી કોઈ વાયુ નીકળતો જણાય છે? હવે બીજા પ્યાલામાં ઠંડા સોડા બાઈકાર્બોનેટનુ દ્રાવણ લો અને તેમાં થોડો મંદ હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ રેડો. તેમાં શું ક્રિયા થાય છે?

સોડિયમ બાઈકાર્બોનેટ = સોડિયમ કાર્બોનેટ + પાણી + કાર્બન ડાયોક્સાઇડ

$$2\,NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

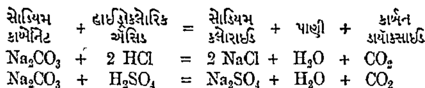
હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ નાંખવાથી



સોડિયમ બાઈકાર્બોનેટ	+	હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ	=	સોડિયમ ક્લોરાઈડ	+	પાણી	+	કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ
$NaHCO_3$	+	HCl	=	$NaCl$	+	H_2O	+	CO_2

હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડની જગ્યાએ સાઈટ્રિક અથવા ટાર્ટારિક ઍસિડ નાંખીએ તોપણ ચાલે. આ પદાર્થો નાંખીને ઘરે પીવાને વાયુમિશ્ર (સોડા વૉટર) પીણું બનાવી શકાય છે.

સોડિયમ કાર્બોનેટ ઉપર ઍસિડ રેડીએ તોપણ કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ નીકળે છે.



સોડિયમ કાર્બોનેટ	+	હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ	=	સોડિયમ ક્લોરાઈડ	+	પાણી	+	કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ
Na_2CO_3	+	$2\ HCl$	=	$2\ NaCl$	+	H_2O	+	CO_2
Na_2CO_3	+	H_2SO_4	=	Na_2SO_4	+	H_2O	+	CO_2

૩. કાર્બન ડાયૉક્સાઈડના ગુણ અને ઉપયોગ. (૧):—નળાકારમાં ભેગા થયેલા વાયુમાં બળતી મીણબત્તી ઉતારો અને તમારાં અવલોકનની નોંધ કરો. (૨):—એક હવાથી ભરેલા ખાલી નળાકાર ઉપર કાર્બન ડાયૉક્સાઈડનો નળાકાર ઉંધો વાળો. એ વાયુ નીચેના નળાકારમાં ઊતર્યો છે કે નહિ તેની આકૃતિ (૨૫) મુજબ ખાતરી કરો. (૩):—એક નાની બળતી મીણબત્તી ઉપર એ વાયુથી ભરેલું નળાકાર ઊંધું વાળો.

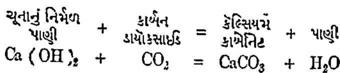
(૪):—એક માખીને એ વાયુથી ભરેલા નળાકારમાં નાંખો અને ઉપરથી નળાકાર બંધ કરો. માખીનું શું થાય છે? (૫):—એક ભીંજવેલું ભૂરું લિટમસ કાગળ એમાં નાંખો અને તે ઉપર શી અસર થાય છે તેની નોંધ કરો. (૬) એ નળાકારથી ભરેલા નળાકારમાં ચૂનાનું નિર્મળ પાણી રેડો. તે દૂધિયા રંગનું થાય છે.

આ વાયુ રંગ અને ગંધ વિનાનો પારદર્શક વાયુ છે. એ હવાથી ભારે વાયુ છે, એટલે ઊંચેથી નીચેના વાસણમાં રેડી શકાય છે.

એકાદ બળતી મીણબત્તી અગર દીવા ઉપર એ વાયુથી ભરેલું પાત્ર ઊંધું વાળીએ તેા એ વાયુ ભારે હેાવાથી નીચે ઊતરશે અને એ જ્વલન (burning) થવા દેતેા ન હેાવાથી દીવાને હેાલવી નાંખે છે. એ વાયુથી ભરેલાં વાસણમાં મીણબત્તી ઉતારીએ તેા તે તરત જ હેાલવાઈ જશે. એટલે ખાતરી થાય છે કે એ વાયુમાં જ્વલનકાર્ય થતું નથી. આથી આગ હેાલવવામાં આ વાયુ વપરાય છે. એ વાયુમાં જીવંત પ્રાણી મરી જાય છે. માખી જેવાં જંતુને એ વાયુથી ભરેલાં વાસણમાં નાંખીએ તેા થેાડીવારમાં ગુંગળાઈને મરી જાય છે.

પાણીમાં એ વાયુ એાગળે છે અને તેથી સેાડાવૉટર વગેરે પાણીમાં ઘણા દબાણથી એ વાયુને એાગાળવામાં આવે છે. શ્વાસમાં લીધેલેા કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ હાનીકારક છે, પરંતુ આહારમાં અથવા પીવામાં આવતેા વાયુ જઠરમાં જતેા હેાવાથી ફાયદાકારક છે. એ વાયુ ભળેલાં પાણીમાં ભુરું લિટમસ રાતું થાય છે, એટલે એને એસિડ (કાર્બોનિક એસિડ ગેસ) કહેવામાં આવે છે. સેાડિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડમાં અને કળી ચૂનામાં આ વાયુ ઘણાં પ્રમાણમાં એાગળી જાય છે.

કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુનેા ખાસ ગુણ એ છે કે એને ચૂનાના નિર્મળ પાણીમાં પસાર કરીએ તેા તે પાણી દૂધિયા રંગનું થાય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુની પારખ કરવી હેાય તેા આ રીત ઉપયેાગમાં આવે છે. એમાં નીચે મુજબ ક્રિયા થાય છે.



$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

આ વાયુને ઘણી ઠંડક ઉત્પન્ન કરી –૩૯° સે. ટેમ્પરેચર ઘન સ્વરૂપમાં લાવી શકાય છે, અને ઘણા ઉપયેાગમાં આવતેા હેાવાથી

એ વાયુને ઘન સ્વરૂપમાં સૂકા બરફ (dry ice) તરીકે વેચવામાં આવે છે. આગ બૂઝવવામાં આ વાયુનો ઉપયેાગ થાય છે.

પ્રાણીમાત્રનાં શરીરમાં અસ્વચ્છ પદાર્થમાં કાર્બન રહેલો હોવાથી ઑક્સિજન સાથેની દહનક્રિયા વડે ઉચ્છ્વાસમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ નીકળે છે. કાર્બન તત્ત્વની જરૂર હોવાથી પાંદડાં વાટે હવામાંનો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ચૂસે છે અને કાર્બન લઈ લીધા બાદ ઑક્સિજન પાછો બહાર કાઢે છે.

કાર્બન રિડ્યુસિંગ (reducing) પદાર્થ છે, કારણ કે એને લેડ ઑક્સાઇડ, કૉપર ઑક્સાઇડ વગેરેની સાથે ગરમ કરીએ તો તેમાંથી ઑક્સિજન લઈ લે છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બહાર પડે છે અને ધાતુ છૂટી પડે છે.

૪. કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ (Carbon Monoxide) CO. કેટલીક વાર કોલસાનું પુરેપુરું જ્વલન ન થાય ત્યારે કાર્બનનો એક પરમાણુ ઑક્સિજનના એક પરમાણુ સાથે જોડાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બદલે એક પરમાણુવાળો કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ CO_2 વડે દર્શાવાય છે, અને કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ CO વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

(ડાઈનો અર્થ બેવડો અને મોનોનો અર્થ એકવડો એમ થાય છે; એટલે ડાયૉક્સાઇડ બે પરમાણુવાળો ઑક્સાઇડ સૂચવે છે.)

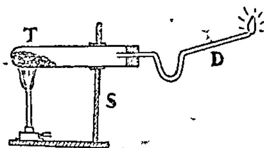
જ્યારે ખનિજ કોલસો અથવા સાદો કોલસો ભઠ્ઠીમાં બળતો હોય ત્યારે ઝાંખી ભૂરી જ્યોત તે ભડકામાં દેખાય છે. એ બળતો વાયુ કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ છે. જો એ સંપૂર્ણ બળી ન જાય અને શ્વાસમાં લેવામાં આવે તો ઘણો જ ઝેરી હોવાથી તરત જ મૃત્યું નીપજે છે. કોલસીને ગરમ કરી ઉપરથી પાણીની વરાળ પસાર કરવામાં આવે તો પાણીમાંનો ઑક્સિજન છૂટો પડીને કાર્બન

મળી કાર્બન મોનોકસાઈડ ઉત્પન્ન થાય છે; અને એની સાથે હાઈડ્રોજન પણ ઉદ્ભવે છે. આ બન્ને વાયુનાં મિશ્રણના વાયુને જલવાયુ (water gas) કહેવામાં આવે છે. એ વાયુને ગરમ કરેલા લોખંડના ઑક્સાઈડમાંથી પસાર કરવામાં આવે તો તેમાનો ઑક્સિજન લઈ લે છે અને લોખંડને છૂટું પાડે છે. આથી એ વાયુને રિડ્યુસિંગ પદાર્થ (reducing agent) કહેવામાં આવે છે.

૫. કોલ ગૅસ. આકૃતિ (૩૦) મા બતાવ્યા પ્રમાણે એક કશનળી T ને સ્ટૅંડમાં પકડીને એક લાંબી નળી D લગાવીએ અને એ નળીમાં ખનિજ કોલસાનો ભૂકો મૂકી ખૂબ ગરમ કરવામા આવે તો નળી D વાટે કોલગૅસ બીજે છેડે બહાર પડશે.

એ વાયુ બતાવ્યા મુજબ હવામાં બળી શકે છે. આ જ પ્રમાણે શહેરમાં બાળવાના ઉપયોગમાં આવતો કોલગૅસ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ખનિજ કોલસામાં હાઈડ્રોજન, સલ્ફર, ઑક્સિજન અને નાઈટ્રોજન ના તત્ત્વો પણ વત્તાં-ઓછાં પ્રમાણમાં ભળેલાં છે. એ કોલસાને બંધ

આકૃતિ ૩૦.



ભઠ્ઠીમાં ખૂબ તપાવવામાં આવે છે એટલે એમાંથી કોલગૅસ, કોલટાર, એમોનિયા વગેરે ગૅસ નીકળે છે. કોલટાર અને એમોનિયા ગૅસ બહાર નીકળતાં થોડે ઘણે અંશે ઠરી જાય છે અને બાકી રહેલો એમોનિયા વાયુ પાણી ઝરપતાં રાખેલા મોટા ઓરડામાં ઓગળી

જાય છે અને માત્ર કોલ ગૅસ બહાર નીકળે છે. એ વાયુને પાણીમાં ઊંધી વાળેલી મોટી ટાંકીમાં રાખવામાં આવે છે, જ્યાંથી શહેરમાં નળ વાટે એ વાયુની વહેંચણી કરવામાં આવે છે.

કોલ ગૅસ ઘણાં વાયુના મિશ્રણ રૂપે હોય છે. એમાં મૂખ્યત્વે હાઈડ્રોજન, કાર્બન મૉનોક્સાઈડ, અને માર્શ ગૅસ જેવા વાયુ છે. એ સઘળા વાયુ પ્રકાશરહિત જ્યોતથી બળે છે, પરંતુ પુષ્કળ ઉષ્ણતા બહાર પાડે છે.

કોલટાર જેવી ઘન વસ્તુ જે પહેલી ઠરી જાય છે એનું વળી પાછું નિસ્યંદન (distillation) કરવામાં આવે તો તેમાંથી બેન્ઝિન, ટોલ્યુઈન, ફિનોલ, નેપ્થેલિન (ડામરની ગોળી બને તે) વગેરે ઉત્પન્ન થાય છે. બેન્ઝિનમાંથી અનિલિન નામના ભભક મારતા રંગો પેદા કરવામાં આવે છે.

૬. હાઈડ્રોકાર્બનો (**Hydrocarbons**). આ જાતના કોલસાના સંયોજનો જમીનના પડમાંથી પુષ્કળ જથ્થામાં મેળવવામાં આવે છે. એમાં મુખ્યત્વે પેટ્રોલિયમનો ઉદ્યોગ આવે છે. રશિયા, અમેરિકા, બર્મા વગેરે દેશોમાં પેટ્રોલિયમનો મોટો ઉદ્યોગ ચાલે છે. પેટ્રોલિયમને જમીનમાંથી મિશ્ર અવસ્થામાં કાઢવામાં આવે છે. આ કાચાં પેટ્રોલિયમને નિસ્યંદન (distillation) ક્રિયા વડે સાફ કરવામાં આવે છે અને જુદાંજુદાં તેલોને તેમનાં ઉત્કલનબિંદુ (boiling point) ના પ્રમાણનું ટેમ્પરેચર રાખી છૂટાં પાડવામાં આવે છે. એ ખનિજ પ્રવાહીમાંથી મુખ્ય નીચેનાં દ્રવ્યો મેળવવામાં આવે છે.

(अ) પેટ્રોલિયમ (તેલો) ઈથર (petroleum ethers)— પેટ્રોલ આશરે ૭૬°–૯૦° સે. ના ટેમ્પરેચરે નિસ્યંદન ક્રિયા કરવાથી છૂટું પડે છે. એનો ઉપયોગ દ્રાવક (solvent) તરીકે

થાય છે. ચરબી અને તેલવાળા પદાર્થો એમાં જલદી ઓગળી જાય છે. આથી તેલી બીયાંમાંથી તેલ શોષીને છૂટું પાડવા માટે એ પદાર્થ વપરાય છે. પેટ્રોલનો બીજો મહત્વનો ઉપયોગ મોટર વગેરેના એંજિનોમાં (આંતરદહન internal combustion) બળતણ તરીકે થાય છે.

(ч) પેટ્રોલિયમ નેપ્થાઃ—આ પદાર્થનું ૯૦°–૧૨૦° સે. ટેમ્પરેચરે નિસ્યંદન થઈ શકે છે. એનો ઉપયોગ પણ તેલી બીયામાંથી તેલ કાઢવા તથા ભારી એંજિનમાં બળતણ તરીકે થાય છે.

(क) પેટ્રોલિયમ બેન્ઝિન (petroleum benzene):—આ પદાર્થ ૧૨૦°–૧૫૦° સે. એ છૂટો પડે છે. એના ગુણ પણ પેટ્રોલના જેવા જ છે અને એ કપડામાં રહેલા તેલ, મીણ કે ચરબીના ડાઘાને શોષી લે છે. એટલે એનો ઉપયોગ ડ્રાયક્લિનીંગ (dry cleaning) માં થાય છે. એનો ઉપયોગ પણ મોટરનાં બળતણ તરીકે થાય છે.

ઉપરનાં સઘળાં તેલો પાણીથી હલકાં છે. પેટ્રોલ તેલ એકદમ સળગી જાય તેવું હોય છે, કારણ કે તે લગભગ ૭૦° સે. એ ઊકળે છે. હવાની સાથે એનો વાયુ ભળવાથી ધડાકા સાથે સળગે છે. મોટરના એંજિનમાં એક પિસ્ટનવાળી બંધ નળીમાં પેટ્રોલના વાયુ અને હવાનું મિશ્રણ વિદ્યુત–તણખા (electric spark) વડે સળગાવવાથી ધડાકો થાય છે અને પિસ્ટન જોરથી ચાલુ થઈ જાય છે. પેટ્રોલથી પણ ઘણાંખરાં કપડાંના ડાઘ ધોવાઈ શકે છે, એટલે એને પણ ડ્રાયક્લિનીંગમાં વાપરવામાં આવે છે.

(૨) કેરોસિન (kerosene):—આ તેલ લગભગ ૧૫૦° થી ૩૦૦° સે. એ છૂટું પડે છે. ઘાસતેલના દીવામા એ વપરાય છે. જમીનમાંથી નીકળતાં કાચાં (crude) તેલમાં લગભગ ૭૫ ટકા

ભાગ કેરોસિનનો હોય છે. પેટ્રોલ સાધારણ ટેમ્પરેચરે પણ સળગી ઊઠે છે, પરંતુ કેરોસિનનું ઉત્કલનબિંદુ ઊંચું હોવાથી એટલું જલદી સળગી ઉઠતું નથી. એ તેલ પાણીથી હલકું છે અને પાણીમાં ભળતું નથી. આ તેલને લગભગ ૭૦° સે. જેટલું ગરમ કરીએ તો જ ઝટ સળગી ઊઠે છે. એ બળે છે ત્યારે તેમાંથી કાર્બન ડાયોક્સાઇડ અને પાણી ઉદ્ભવે છે.

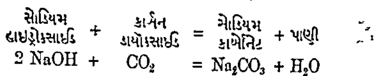
(૩) સ્નિગ્ધ તેલ (lubricating oil) અને વૅસેલિન (vaselene):—સ્નિગ્ધ તેલનો ઉપયોગ યંત્રોનાં પૈડાંનું અને સંચાનું ઘર્ષણ (friction) ઓછું કરવામાં થાય છે. વૅસેલિનને શુદ્ધ કર્યા પછી તેમાંથી મળતા મલમનો ઉપયોગ માથામાં નાંખવાના પોમેડ દવા વગેરે બનાવવામાં થાય છે.

(૪) પૅરેફિન તેલ (paraffin):—આ પદાર્થ પ્રવાહી હોય છે. એનો ઉપયોગ અનેક જાતની દવામાં, રેચ આપવામાં અને ઉદ્યોગોમાં થાય છે.

૭. કાર્બોનિટ્સ (**Carbonates**). કાર્બન અને ઑક્સિજનના તત્ત્વના સંયોગથી ઉત્પન્ન થયેલો CO_3 (એક અણુ કાર્બન અને ત્રણ ભાગ ઑક્સિજન) વાળો પદાર્થને કાર્બોનિટ્ કહેવામાં આવે છે. ખાસ મહત્ત્વના કાર્બોનિટ્માં કેલ્સિયમ કાર્બોનિટ ($CaCO_3$), સોડિયમ કાર્બોનિટ (Na_2CO_3), એમોનિયમ કાર્બોનિટ [$(NH_4)_2CO_3$] વગેરે છે. કેલ્સિયમ કાર્બોનિટના અનેક પ્રકાર હોય છે. તેમાં ચાક, ચૂનાના પથ્થર, આરસપહાણ, કૅલ્સાઇટ વગેરે પથ્થર આવે છે. એ સર્વમાં કેલ્સિયમ તત્ત્વ છે, એટલે એની હકિકત કેલ્સિયમવાળા પ્રકરણમાં આપવામાં આવશે.

સોડિયમ કાર્બોનિટ (sodium carbonate) અથવ સોડા (ધોવાનો ખાર) નીચે પ્રમાણે તૈયાર કરી શકાય

ધાતુ ઓગળેલા આલ્કલીમાં કાર્બન ડાયોકસાઈડ પસાર કરવાથી સોડિયમ કાર્બોનેટ ઉત્પન્ન થાય છે.



સોડિયમ હાઇડ્રોક્સાઈડ + કાર્બન ડાયોક્સાઈડ = સોડિયમ કાર્બોનેટ + પાણી

$$2\,NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

વૉશિંગ સોડાના સ્ફટિક હોય છે અને અંદર લગભગ ૬૩ ટકા કેલાસીભવનનું પાણી (water of crystallisation) હોય છે, પરંતુ એના સ્ફટિક (crystal) ને હવામાં રાખતાં પાણી ઊડી જાય છે અને ભૂકો થઈ જાય છે. આથી વૉશિંગ સોડાને નિસ્ત્ર (efflorescent) ક્ષાર કહેવામાં આવે છે. એ ક્ષાર પાણીમાં ઘણો જ દ્રાવ્ય (soluble) હોય છે. એનું દ્રાવણ સાબુના જેવું લાગે છે અને બેઝિક હોવાથી રાતાં લિટમસને ભૂરુ કરે છે. વૉશિંગ સોડા સાબુ બનાવવામાં અને ધોવાના કાર્યમાં પુષ્કળ પ્રમાણમા વપરાય છે. અને કઠિન (hard) પાણીમાં નાખીએ તો તેને નરમ (soft) બનાવે છે. કાચ બનાવવામાં પણ એ ક્ષારનો ઉપયોગ થાય છે

સોડિયમ બાઈકાર્બોનેટઃ–વૉશીંગ સોડાનાં દ્રાવણ (solution) માં વધુ કાર્બન ડાયોકસાઈડ વાયુ પસાર કરવામાં આવે તો તેમાથી સોડિયમ બાઈકાર્બોનેટ પેદા થાય છે એનો ઉપયોગ રાંધવામા થાય છે અને એને રાંધવાનો સોડા (baking soda) કહેવામા આવે છે. પાણીમાં (કાર્બન ડાયોકસાઈડ ઉત્પન્ન કરી) ઊભરો આવે એવાં પીણાં બનાવવામાં પણ એનો ઉપયોગ થાય છે. બાઈકાર્બોનેટનાં દ્રાવણમાં થોડુ એસિડનુ દ્રાવણ નાખતાં કાર્બન ડાયોકસાઈડ નીકળશે. પેટમાં એસિડ (પિત્ત) થયો હોય તો સોડિયમ બાઈકાર્બોનેટ લેવામાં આવે છે.

સાર

૧. કાર્બન (કોલસા) ના ઘણા સ્વરૂપ હોય છે. હીરો અને ગ્રેફાઈટ એ સ્ફટિક સ્વરૂપ છે; અને કોલસી, કોલસો, ખનિજ કોલસો, મેશ વગેરે અસ્ફટિક સ્વરૂપ છે.

૨. કાર્બનને હવામાં બાળવાથી ઑક્સિજન સાથે સંયોગ થાય છે અને તેનો કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ બને છે. કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ (ચૂનાનો પથ્થર અથવા આરસપહાણ) ઉપર સલ્ફ્યુરિક તેજાબ નાંખવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ પેદા થાય છે. કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ અને સોડિયમ બાઈકાર્બોનેટને તપાવવાથી પણ કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ પેદા થાય છે.

૩. કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ રંગ, ગંધ અને સ્વાદ વિનાનો અને હવાથી ભારે વાયુ છે, એને એકથી બીજા વાસણમાં રેડી શકાય છે. એમાં ચૂનાનું નિર્મળ પાણી રેડીએ તો તે દૂધિયા રંગનું થઈ જાય છે. એ વાયુ ગુંગળાટ કરે છે અને તેથી લાંબો વખત માત્ર એ વાયુ લેવાથી માણસ ગુંગળાઈ બેભાન થાય છે. આપણા ઉચ્છ્વાસમાં એ વાયુ નીકળે છે. એની અંદર જ્વલન થતું નથી, એટલે બળતી વસ્તુ તેમાં હોલવાઈ જાય છે. વનસ્પતિ કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુને શ્વાસમાં લે છે, અને ઉચ્છ્વાસમાં ઑક્સિજન વાયુને બહાર કાઢે છે.

૪. કાર્બન પુરેપુરૂં જ્વલન ન થાય ત્યારે કાર્બનનો મૉનૉક્સાઈડ નામનો ઑક્સિજન સાથેના અપૂર્ણ જ્વલનનો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એ વાયુ ઝેરી છે. એ રંગ વિનાનો અને સાધારણ ગંધવાળો વાયુ હોય છે. એને લોખંડના ઑક્સાઈડ ઉપરથી પસાર કરવામાં આવે તો તેમાંથી ઑક્સિજન લઈ લે છે અને તેથી એને રિડ્યુસીંગ પદાર્થ (reducing agent) કહેવામાં આવે છે.

૫. ખનિજ કોલસાને ગરમ કરવામાં આવે તો તેમાંથી કોલગૅસ પેદા થાય છે. એ ગૅસ બાળવાના કામમાં આવે છે. એ હાઈડ્રોજન, કાર્બન મૉનૉક્સાઈડ અને માર્શગૅસ જેવાનાં મિશ્રણરૂપે હોય છે.

૬. ધોવાનો સોડાખાર, ચૂનાના પથ્થર, આરસપહાણ વગેરે કાર્બોનેટના ઉદાહરણ છે. પેટ્રોલ, ઇથર, કેરોસિન, સ્નિગ્ધ તેલ, નેપ્થા અને પૅરેફિન વગેરે પદાર્થો ખનિજ તેલ રૂપે હોય છે.

પ્રશ્નો

(૧) કોલસાનાં જુદાંજુદાં સ્વરૂપનાં નામ આપો. દરેકના ગુણધર્મોમાં શો ફેર છે ? દરેક કોલસાના સ્વરૂપ છે એની કેમ ખાતરી કરશો.

(૨) કાર્બનને બાળીએ તો કયો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે ? બીજી કયી રીતે એ વાયુ પેદા કરી શકાય છે ? એ વાયુનો વનસ્પતિ કેવો ઉપયોગ કરે છે!

(૩) ચૂનાનાં પાણીમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ભેળવાથી તે પાણી દૂધિયા રંગનું કેમ થાય છે ? કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના ગુણધર્મો વર્ણવો.

(૪) કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ ક્યારે ઉત્પન્ન થાય છે ? એ વાયુ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડથી કેવી રીતે જુદો પડે છે ?

(૫) જલવાયુ (water gas), કોલગૅસ, પેટ્રોલ, કેરોસિન અને પૅરેફીન વિષે ટૂંક નોંધ લખો.

(૬) કાર્બનના મુખ્ય સંયોજન કયાં છે તે દાખલા આપી ગણાવો.

(૭) સોડિયમ કાર્બોનેટ અને બાઇકાર્બોનેટના ઉપયોગ દર્શાવો.

પ્રકરણ ૧૦

ઍસિડ, બેઇઝ અને ક્ષાર (Acid, Base and Salt)

૧. આપણે આગળ જોઈ ગયા છે કે લિટમસ કાગળની ઉપર જુદાંજુદાં તત્ત્વોની અસર જુદીજુદી થાય છે. કેટલાક પદાર્થો ભૂરાં લિટમસ કાગળને રાતું કરે છે, કેટલાંક રાતાને ભૂરું કરે છે અને કેટલાંક ઉદાસિન (neutral) રહે છે. આ ઉપરથી અને બીજા નીચે જણાવ્યા મુજબના ગુણધર્મો ઉપરથી રાસાયણિક પદાર્થોને ત્રણ વિભાગમાં વહેંચી શકાય છે:—(૧) ઍસિડ (acid), (૨) બેઇઝ (base), અને (૩) શિથિલ (ઉદાસિન) (neutral).

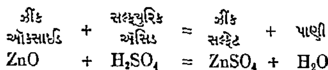
૨. ઍસિડો (Acids). પ્રયોગ (૧):—એક બંધ વાસણમાં થોડો ફોસ્ફરસ બાળીને તેના ધુમાડાને પાણીમાં ઓગળવા દો. એમાં ભુરું અને રાતું લિટમસ કાગળ બોળીને જુઓ કે તેના ઉપર શી અસર થાય છે? ભુરું લિટમસ રાતું થશે અને રાતું લિટમસ રાતું જ રહે છે. (૨):—એ જ પ્રમાણે ગંધક અને કોલસો બાળીને પ્રયોગ કરો. (૩):—સલ્ફ્યુરિક નાઈટ્રીક અને હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડો લઈને ઉપર પ્રમાણે પ્રયોગ કરો. (૪):—ઉપરના સર્વે પદાર્થોમાં આંગળી બોળીને જીભ ઉપર મૂકીને તેમનો સ્વાદ કેવો છે તે તપાસી જુઓ. ઍસિડો સ્વાદે ખટાસ પડતા લાગે છે. (૫):—મંદ ગંધકના તેજાબના થોડાં ટીપાં એક કપડાં ઉપર નાંખો. બે ત્રણ દિવસ પછી એ કપડાંને તપાસો તો તેમાં કાણા પડેલાં માલુમ પડશે. (૬):—એક કશનળીમાં થોડા જસતના ટુકડા નાંખો અને તેના ઉપર મંદ (dilute) સલ્ફ્યુરિક અથવા હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ નાંખો. એમાંથી જે વાયુ નીકળે છે તેના ઉપર સળગેલી દીવાસળી ધરો. વાયુ સાધારણ અવાજના ભડાકા સાથે સળગે છે. એ વાયુ હાઈડ્રોજન છે. ઍસિડમાં હાઈડ્રોજન વાયુ હોય છે અને તે ધાતુ ઉપર ઍસિડ રાસાયણિક ક્રિયા કરે તેનાથી છૂટો પડે છે. ક્રિયા થઈ રહે પછી બાકી રહેલા પદાર્થોમાં લિટમસ કાગળ ઉપર અસર થતી નથી

ઉપરના પ્રયોગો વડે આપણે એસિડના મુખ્ય ગુણો નીચે મુજબ તારવી શકીએ છીએ. (૧) એસિડો સ્વાદે ખાટા હોય છે, (૨) એસિડો ભૂરાં લિટમસને રાતું બનાવે છે, (૩) એસિડો ઘણા પદાર્થોને ક્ષીણ કરે તેવા (corrosive) છે, (૪) ધાતુ ઉપર ક્રિયા કરવાથી હાઈડ્રોજન વાયુને બહાર પાડે છે.

૩. બેઈઝિસ (Bases). પ્રયોગ (૧):—થોડાં મેગ્નેઝિયમ તારને બાળીને તેના ભૂકાને પાણીમાં હલાવીને તેમાં રાતાં લિટમસ કાગળને નાંખીને જુઓ કે શી અસર થાય છે; રાતું લિટમસ ભૂરું થાય છે; (૨):—ભીંજવેલા ચૂનાને પાણીમાં ઓગાળીને તેની લિટમસ કાગળ ઉપર શી અસર થાય છે તે જુઓ; રાતું લિટમસ ભૂરું થાય છે એ જ પ્રમાણે ધોવાનો સોડા ખાર કૉસ્ટિક સોડા (caustic soda), એમોનિયા અને કોસ્ટિક પોટાશ (caustic potash) વડે પણ રાતું લિટમસ ભૂરું થાય છે તે તપાસો. (૩):—એ બધાં દ્રાવણમાં આંગળી બોળીને જુઓ કે તેમનો સ્પર્શ અને સ્વાદ કેવો લાગે છે. આ પદાર્થોનો સ્પર્શ અને સ્વાદ સાબુના જેવો (soapy) લાગે છે. (૪):—કૉસ્ટિક સોડા અને કાસ્ટિક પોટાશનાં દ્રાવણમાં થોડાં તેલનાં ટીપાં નાંખો. તેલ ઓગળી જતું માલૂમ પડે છે.

ઉપરના પ્રયોગો વડે માલૂમ પડે છે કે બેઈઝ (base) (૧) રાતાં લિટમસ કાગળને ભૂરું બનાવે છે, (૨) સ્પર્શ અને સ્વાદમાં સાબુના જેવા ગુણ ધરાવે છે, અને (૩) તેલને ઓગાળી શકે છે.

ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઘણાખરા બેઈઝો પાણીમાં વત્તાંઓછાં ઓગળે ત્યારે લિટમસ કાગળ ઉપર અસર કરે છે. આમ છતાં કેટલાક એવા પણ બેઈઝો છે કે જે પાણીમાં ઓગળતા નથી અને છતાં એસિડની સાથે ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણેની જ ક્રિયા કરી શકે છે અને એસિડમાંના હાઈડ્રોજનને છૂટો પાડીને શિથિલ ક્ષાર પેદા કરી શકે છે. દા. ત.



ઝીંક ઓક્સાઈડ + સલ્ફ્યુરિક એસિડ = ઝીંક સલ્ફેટ + પાણી

$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$

આથી બેઈઝની વ્યાખ્યા આપવામાં પણ આવા પદાર્થોના ગુણધર્મોને ધ્યાનમાં લેવા પડે છે. ઉપર જે બેઈઝોના ગુણધર્મો જણાવ્યા છે તે સાધારણ અથવા વધુ પ્રમાણમાં પાણીમાં ઓગળે તેવા જ બેઈઝોના છે.

આમ હોવાથી એસિડ અને બેઈઝની સમજુતી નીચે મુજબ આપી શકાય છે.

એસિડઃ—એનો સ્વાદ ખાટો હોય છે; એ સામાન્ય રીતે ઘણા દાહક (corrosive) હોય છે; ભૂરાં લિટમસને રાતું કરે છે; અને એ સર્વેમાં હાઈડ્રોજન વિશિષ્ટ ભાગરૂપે રહેલો છે, અને એમાંનો થોડો અથવા બધો હાઈડ્રોજન, ધાતુ, ધાતુના ઓક્સાઈડ, ધાતુના હાઈડ્રોકસાઈડ અથવા કાર્બોનેટની સાથેની ક્રિયા વડે છૂટો પડી શકે છે. આ સર્વેના દૃષ્ટાંતો નીચે આપ્યાં છે.

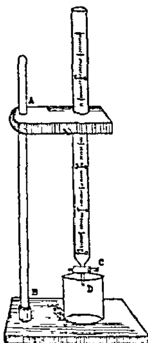
બેઈઝઃ—સામાન્ય રીતે કેટલીક ધાતુને બાળવાથી ઉત્પન્ન થયેલા ઓક્સાઈડોને અને ધાતુના હાઈડ્રોકસાઈડોને (OH ભાગ ધરાવનારાં ધાતુનાં સંયોજનો) બેઈઝ કહેવામાં આવે છે, પરંતુ તે ઉપરાંત NH_3 જેવાં સંયોજનને પણ બેઈઝ કહેવામાં આવે છે. બેઈઝની મુખ્ય ખાસીયત એ છે કે તેને એસિડ સાથે ભેળવામાં આવે તો બેઈઝનો ધાતુવાળો ભાગ એસિડમાંના હાઈડ્રોજનની જગ્યા લે છે, અને એ ક્રિયા વડે શિથિલ ક્ષાર (salt) પેદા કરે છે. ઘણાખરા બેઈઝમાં ધાતુનો ભાગ મુખ્ય હોય છે અને તે એસિડની સાથેની ક્રિયાથી છૂટો પડી જાય છે. સાધારણ અથવા વધુ દ્રાવ્ય બેઈઝો સ્પર્શ અને સ્વાદમાં સાબુના જેવા છે; અને એ રાતાં

લિટમસને ભૂરું બનાવે છે. આ ઉપરથી લાગે છે કે બેઈઝની વ્યાખ્યા સંપૂર્ણ અને દરેકને સરખી રીતે લાગુ પડે તેવી હોવી નથી. બધાં બેઈઝમાં એક મુખ્ય ખાસીયતરૂપે ગુણ રહેલો છે તે ઍસિડની સાથેની ક્રિયા વડે શિથિલ ક્ષાર અને પાણી પેદા કરવાનો છે. (A base reacts with an acid and forms a neutral salt and water.)

જે બેઈઝો પાણીમાં ઘણા દ્રાવ્ય હોય છે તેમને આલ્કલિ (alkali) કહેવામાં આવે છે. દરેક આલ્કલિ બેઈઝ છે, પરંતુ દરેક બેઈઝ આલ્કલિ નથી. દા. ત. સોડિયમ, પોટાસિયમ અને એમોનિયાના બેઈઝો પાણીમાં ઘણાં જ દ્રાવ્ય છે એટલે તેમને આલ્કલિ કહેવામાં આવે છે, જ્યારે ચૂનો, ઝીંક ઑકસાઈડ વગેરે પાણીમાં બહુ જ ઓછાં પ્રમાણમાં દ્રાવ્ય હોવાથી તેમને આલ્કલિ કહેવામાં આવતા નથી. કોપર ઑકસાઈડ જેવો બેઈઝ પાણીમાં તદ્દન અદ્રાવ્ય છે.

૪. ક્ષારો (salts) અને શિથિલીકરણ (**neutralisation**). પ્રયોગ:—આકૃતિ (૩૧)માં બતાવ્યા મુજબ એક પ્યાલામાં થોડો સોડિયમ હાઇડ્રોક્સાઈડ (sodium hydroxide) લો. એક A B સ્ટૅંડમાં એક બ્યુરેટને પકડીને તેમાં થોડો મંદ હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ લો. પ્યાલામાં થોડું લિટમસનું દ્રાવણ (litmus solution) નાંખો. બેઈઝની ક્રિયાથી એ પ્યાલામાંનું દ્રાવણ ભૂરું બની જશે. હવે ચકલી C ખોલીને ટીપે ટીપે પ્યાલામાંનું ઍસિડને પડવા દો. એક કાચના સળિયા વડે દ્રાવણને હલાવતા રહો. પ્યાલામાંના દ્રાવણનો રંગ ભૂરો મટીને ઝાંખો ગુલાબી થવા લાગે એટલે ઍસિડ નાંખવાનું બંધ કરો. જો કાળજીપૂર્વક ઍસિડ નાંખ્યો હોય તો પ્યાલામાંના પ્રવાહીનો રંગ લગભગ અદૃશ્ય થશે અને ચોખ્ખું દ્રાવણ માલૂમ પડશે. આ દ્રાવણ હવે શિથિલ (neutral) થયું છે. આ ક્રિયાને શિથિલીકરણ ક્રિયા (neutralisation) કહેવામાં આવે છે.

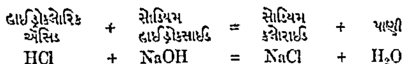
આકૃતિ ૩૧.



હવે એ દ્રાવણને બાષ્પીભવન વાડકીમાં મૂકીને ધીમે તાપે પાણીને ઉડાડી દો. અંદર નીચે રહેલા ભૂકાને ચાખી જુઓ. એ ભૂકો તે સાદાં મીઠાના જેવો જ છે.

ઉપરના પ્રયોગ વડે સમજાય છે કે એસિડ અને બેઈઝને ભેળાં કરવાથી તેમની વચ્ચે રાસાયણિક ક્રિયા ઉદ્ભવે છે. બન્નેને પ્રમાણસર ભેળીએ તો તેમાંથી શિથિલ (neutral) ગુણવાળો ક્ષાર પેદા થાય છે. તે ઉપરાંત બીજો પદાર્થ પેદા થાય છે તે પાણી છે.

ઉપરના પ્રયોગમાં નીચે મુજબ ક્રિયા થાય છે.



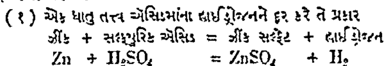
હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડ + સોડિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ = સોડિયમ ક્લોરાઈડ + પાણી

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

ઉપર મુજબની ક્રિયા લગભગ દરેક એસિડ અને બેઈઝને ભેળવાથી થાય છે. એસિડ અને બેઈઝ એકબીજાના ગુણધર્મોને શિથિલ કરે છે અને પરિણામે શિથિલ (neutral) પદાર્થ પેદા કરે છે.

૫. ક્ષાર તૈયાર કરવાની કેટલીક રીતો

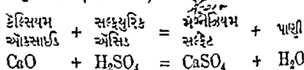
(૧) એક ધાતુ તત્ત્વ એસિડમાંના હાઈડ્રોજનને દૂર કરે તે પ્રકાર



ઝીંક + સલ્ફ્યુરિક એસિડ = ઝીંક સલ્ફેટ + હાઈડ્રોજન

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

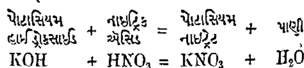
(૨) ધાતુના બેઇઝ (ઑક્સાઇડ) અને ઍસિડની ક્રિયાથી



કેલ્સિયમ ઑક્સાઇડ + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ = મૅગ્નેશિયમ સલ્ફેટ + પાણી

$$CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O$$

(૩) હાઇડ્રૉક્સાઇડ અને ઍસિડની ક્રિયાથી

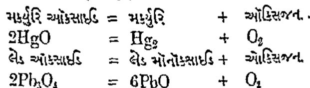


પોટાસિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ + નાઇટ્રિક ઍસિડ = પોટાસિયમ નાઇટ્રેટ + પાણી

$$KOH + HNO_3 = KNO_3 + H_2O$$

૬. ક્ષારને વિઘટન કરવાની કેટલીક રીતો

(૧) ઑક્સાઇડને ગરમ કરવાથી



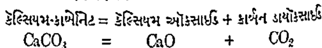
મર્ક્યુરિ ઑક્સાઇડ = મર્ક્યુરિ + ઑક્સિજન.

$$2HgO = Hg_2 + O_2$$

લેડ ઑક્સાઇડ = લેડ મોનૉક્સાઇડ + ઑક્સિજન.

$$2Pb_3O_4 = 6PbO + O_2$$

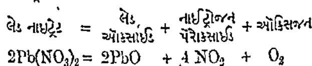
(૨) કાર્બોનેટને ગરમ કરવાથી



કેલ્સિયમ-કાર્બોનેટ = કેલ્સિયમ ઑક્સાઇડ + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

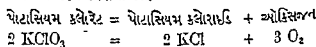
(૩) નાઇટ્રેટને ગરમ કરવાની રીત



લેડ નાઇટ્રેટ = લેડ ઑક્સાઇડ + નાઇટ્રોજન પૅરૉક્સાઇડ + ઑક્સિજન

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

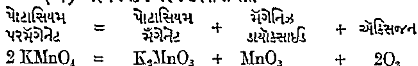
(૪) ક્લોરેટને ગરમ કરવાની રીત



પોટાસિયમ ક્લોરેટ = પોટાસિયમ ક્લોરાઇડ + ઑક્સિજન

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

(૫) પરમૅંગેનેટને ગરમ કરવાની રીત



પોટાસિયમ પરમૅંગેનેટ	=	પોટાસિયમ મૅંગેનેટ	+	મૅંગેનિઝ ડાયોક્સાઈડ	+	ઑક્સિજન
$2\,KMnO_4$	=	K_3MnO_3	+	MnO_3	+	$2O_2$

સાર

૧. ઍસિડ સ્વાદે ખાટા હોય છે, ભૂરાં લિટમસને રાતું બનાવે છે, ઘણા દાહક હોય છે અને ધાતુ સાથે ભળે ત્યારે એમનો ખાસીયત વાળો હાઈડ્રોજન ભાગ વાયુરૂપે બહાર પડે છે.

૨. બેઈઝ ચીકાસવાળો હોય છે. એ રાતાં લિટમસને ભુરું બનાવે છે. એમાં (OH) વાળો ભાગ હોય તેને હાઈડ્રોક્સાઈડ કહેવામાં આવે છે.

૩. ઍસિડ અને બેઈઝનું સંયોજન થાય ત્યારે તેમાંથી એક ક્ષાર અને પાણી પેદા થાય છે. દ. ત. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તથા પોટાસિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ (બેઈઝ) ને ભેગાં કરીએ તો તેમાંથી પોટાસિયમ સલ્ફેટ તથા પાણી ઉત્પન્ન થાય છે. ધાતુ અને ઍસિડનાં સંયોજનથી પણ ક્ષાર પેદા થાય છે. દા. ત. ઝીંક + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (H_2SO_4) = ઝીંક સલ્ફેટ ($ZnSO_4$) + હાઈડ્રોજન વાયુ.(H_2)

૪. કેટલાક ક્ષારને ઓક્સાઈડ કહેવામાં આવે છે કારણ કે તે ધાતુ અને ઓક્સિજનના સંયોગથી પેદા થયેલા હોય છે. CO_3 ના ભાગવાળા ક્ષારને કાર્બોનેટ અને NO_3 ના ભાગવાળાને નાઈટ્રેટ કહેવામાં આવે છે. કેટલાક ક્ષારને ગરમ કરવાથી તેમનું વિઘટન થાય છે. દા. ત. પોટાસિયમ કલોરેટ ($2\,KClO_3$) = પોટાસિયમ કલોરાઈડ ($2\,KCl$) + ઓક્સિજન

પ્રશ્નો

(૧) ઍસિડ, બેઈઝ અને સૉલ્ટ કોને કહે છે તેની સમજૂતી આપો.

(૨) શિથિલિકરણ ક્રિયા (neutralisation) પ્રયોગ વડે સમજાવો.

(૩) ક્ષાર (salt) કેમ ઉત્પન્ન કરશો ?

પ્રકરણ ૧૧

નાઈટ્રોજન (Nitrogen)

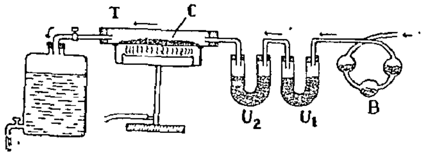
૧. નાઈટ્રોજન ક્યાં મળે છે? નાઈટ્રોજન અધાતુ તત્ત્વરૂપ શિથિલ વાયુ છે, અને હવામાં પાંચમા ભાગમાં ભળેલો છે. ખાસ કરીને જમીનમાંથી મળતા નાઈટ્રેટ્સ ક્ષારોમાં ભળેલો છે. સોડિયમ અને પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ એમાં મુખ્ય છે. પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ (નાઈટર કે સૉલ્ટપિટર, સુરોખાર) પંજાબ, સિંધ, બિહાર વગેરે પ્રદેશમાં મળે છે. સોડિયમ નાઈટ્રેટ ચિલીનો સુરોખાર ખાસ કરીને અમેરિકામાં મળે છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણી વગેરેમાં પણ નાઈટ્રોજન તત્ત્વ ઘણા પ્રમાણમાં હોય છે.

૨. નાઈટ્રોજન કેવી રીતે મેળવવો. આગળ બતાવ્યું તેમ બંધ વાસણમાં કોઈ પણ વસ્તુને બાળવાથી નાઈટ્રોજન વાયુ રહી જાય છે.

આકૃતિ (૧૫) માં બતાવ્યા પ્રમાણે પાણીના મોટા વાસણમાં એક બંધ બરણી ઊંધી વાળો. તેમાં એક તારને છેડે ફૉસ્ફરસ ફ રાખો. હવે ફૉસ્ફરસ પૅન્ટૉક્સાઈડ (P_2O_5) વાયુ ઉત્પન્ન થશે અને તે પાણીમાં ઘણો જ દ્રાવ્ય (soluble) હોવાથી ક્રમે ક્રમે પાણીમાં ઓગળી જશે અને બરણીમાં ચોખ્ખો નાઈટ્રોજન રહી જશે. પાણી નળાકાર વાસણમાં ઊંચે ચઢશે.

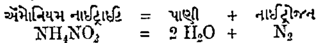
(૨):—આકૃતિ (૩૨) માં બતાવ્યા મુજબ બધી નળીઓને જોડો. કાચની મોટી બરણીમાંથી ધીમે ધીમે પાણી બહાર નીકળવા દો અને તે સાથે T નળીમાંના તાંબાના ભૂકા C ને ખૂબ તપાવો. તાંબાનો ભૂકો ઑક્સિજન સાથે સંયોજિત થઈને કૉપર ઑક્સાઈડ પેદા થશે અને ચોખ્ખો નાઈટ્રોજન કાચની બરણીમાં ભેગો થશે. એ આકૃતિમાં બીજાં સાહિત્યોનું કાર્ય નીચે મુજબ છે.

આકૃતિ ૩૨.



B માં કૉસ્ટિક પોટાશ (પોટાસિયમ હાઈડ્રોકસાઈડ) છે, તે હવામાંથી કાર્બન ડાયૉકસાઈડ વાયુને શોષી લે છે. U_1 અને U_2 માં જલદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ રાખવામાં આવે છે તે હવામાંના ભેજને શોષી લે છે. જો ભેજ ગરમ તાંબાં ઉપર પસાર થાય તો તેમાંથી હાઈડ્રોજન વાયુ પણ છૂટો પડે છે.

(૩):—ઍમોનિયમ નાઈટ્રાઈટનો થોડોક ભૂકો એક બરણીમાં નાંખો. એ બરણીને એક બૂચથી બંધ કરી તેમાં એક નળી દાખલ કરો. એ નળીને સ્થળાંતર નળાકાર (displacement cylinder) મા દાખલ કરો. હવે બરણીને ધીમી જ્યોતે ગરમી આપો. જેવો નાઈટ્રોજન બહાર નીકળવા માડે એટલે તપાવવું બંધ કરો. એવી જ રીતે પાંચસાત બરણીમાં વાયુ એકઠો કરો અને એના ગુણધર્મો તપાસો.



ઍમોનિયમ નાઈટ્રાઈટ = પાણી + નાઈટ્રોજન

$$NH_4NO_2 = 2\,H_2O + N_2$$

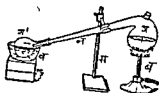
હવાને પ્રવાહી બનાવી તેનું બાષ્પીભવન થવા દેવાથી નાઈટ્રોજન પહેલો ઊડી જાય છે, એટલે એ ભેગો કરી શકાય છે; ઑકિસજન પાછળથી ઊડી જાય છે.

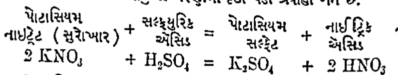
૩. નાઈટ્રોજનના ગુણધર્મો. (૧) નાઈટ્રોજનના નળાકારમાં બળતી મીણબત્તી રાખો. જ્વલન કાયમ રહે છે કે ? (૨) એકાદ માખીને એ નળાકારમાં લાંબો વખત રહેવા દો (૩) એમાં ચૂનાનું નિતર્યું પાણી, લિટમસ કાગળ વગેરે નાંખી જુઓ કે કોઈ ફેરફાર માલૂમ પડે છે કે ? (૪) એ વાયુનો સ્વાદ, ગંધ અને રંગ તપાસો.

નાઈટ્રોજન વાયુ રંગ વિનાનો, સ્વાદ વિનાનો, અદૃશ્ય અને પારદર્શક વાયુ છે. નાઈટ્રોજન અક્રિય (inactive) વાયુ છે, એટલે જ્વલન (burning) અથવા જીવન ટકાવી શકતો નથી, તેમજ જાતે પણ બળી શકતો નથી. હવામાં ઑક્સિજન સાથે વધારે પ્રમાણમાં ભળેલો હોવાથી ઑક્સિજનની જલદ અસરને શિથિલ બનાવે છે. એ ઝેરી નથી પરંતુ એ વાયુમાં કોઈ પ્રાણી જીવન ટકાવી શકતું નથી. એ અક્રિય હોવાથી લિટમસને અસર કરતો નથી, તેમજ ચૂનાનાં પાણીની ઉપર પણ કંઈ અસર કરતો નથી. ઘણાંખરાં તત્ત્વોની સાથે એ બહુ મુસિબતથી ભળી શકે છે. નાઈટ્રોજનનો ખાસ ઉપયોગ વનસ્પતિ કરે છે. ઘણાંખરાં ખાતરમાં નાઈટ્રોજન મુખ્ય તત્ત્વ છે. નાઈટ્રોજન તત્ત્વવાળા ક્ષારમાંથી પ્રચંડ બળવાળો લડાયક દારુગોળો કરવામાં આવે છે.

૪. નાઈટ્રિક ઍસિડ (**Nitric Acid**). પ્રયોગ :—આકૃતિ (૩૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કાચની બરણી ગ લઈ તેમાં પોટાસિયમ નાઈટ્રેટના (સુરાખારના) થોડા સ્ફટિક નાંખો. હવે ઉપરથી બહુ કાળજીપૂર્વક જલદ સલ્ફ્યુરિક તેજાબ રેડો. નળી ન ને એક બીજી પાણીમાં રાખેલી કાચની બરણી ગ' માં દાખલ કરો અને બરણી ગ ને એક બર્નર વડે ખૂબ તપાવો. નીચે દર્શાવેલી રાસાયણિક ક્રિયાથી નાઈટ્રિક ઍસિડ ઉત્પન્ન થાય છે તે બાજુની બરણીમાં ઠંડો પડી પ્રવાહી બને છે.

આકૃતિ ૩૩.





પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ (સુરોખાર) + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ = પોટાસિયમ સલ્ફેટ + નાઈટ્રિક ઍસિડ

$$2\,KNO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2\,HNO_3$$

[આ ક્રિયા કેટલીક વાર સંપૂર્ણ થતી નથી અને પોટાસિયમ સલ્ફેટને બદલે પોટાસિયમ હાઈડ્રોજન સલ્ફેટ ($KHSO_4$) અને નાઈટ્રિક ઍસિડ બને છે.]

૫. નાઈટ્રિક એસિડના ગુણધર્મો અને ઉપયોગો. નાઈટ્રિક એસિડ પણ સલ્ફ્યુરિક એસિડ જેવો જ જલદ તેજાબ છે અને ઘણીખરી ધાતુ સાથે એનો રાસાયણિક સંયોગ થવાથી નાઈટ્રેટ્સ ઉત્પન્ન થાય છે. દાખલા તરીકે તાંબા ઉપર રેડવાથી નાઈટ્રેટ ઉત્પન્ન થાય છે, અને નાઈટ્રોજન અને ઑક્સિજનના સંયોગવાળો તપખીરિયા રંગનો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. નાઈટ્રોજન એસિડને હવામાં ખુલ્લો રાખવાથી રંગ વિનાની બાફ (fumes) બહાર નીકળે છે.

નાઈટ્રિક એસિડ ઑક્સિડાઈઝીંગ (oxidising) પદાર્થ છે અને ગરમ પદાર્થની સાથે સંયોગ થતાં તેમનું જ્વલન કરે છે અને એસિડમાંના ઑક્સિજનનો પદાર્થ સાથે સંયોગ થાય છે. ખૂબ ગરમ કરેલા કોલસા અથવા ગરમ કરેલા લાકડાંના વહેર ઉપર નાઈટ્રિક એસિડ નાંખીએ તો તે એકાએક સળગી ઊઠે છે, અને નાઈટ્રિક એસિડમાંનો ઑક્સિજન વપરાય છે.

એ તેજાબ પાણીમાં દ્રાવ્ય છે અને એ પાણીનાં દ્રાવણમાં ભૂરું લિટમસ રાતું બને છે. નાઈટ્રેટ્સના પણ ઍસિડિક (acidic) ગુણ છે.

નાઈટ્રિક એસિડનો ઉપયોગ કોલટારના રંગ બનાવવામાં, વાસણ સાફ કરવામાં, અને નાઈટ્રોજન ઉત્પન્ન કરવામાં થાય છે.

૬. સોડિયમ અને પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ્સ. સોડિયમ નાઈટ્રેટ અને પોટાસિયમ ક્ષારો બિહારના પ્રદેશમાં વનસ્પતિના કોહવાણમાંથી બહોળા પ્રમાણમાં ઉત્પન્ન થાય છે. અમેરિકાના દક્ષિણના ચિલી પ્રદેશમાંથી સોડિયમ નાઈટ્રેટનો મુખ્ય જથ્થો મળી આવે છે. સોડિયમ નાઈટ્રેટનો ખાતર તરીકે ઉપયોગ થાય છે. નાઈટ્રેટના પણ ઑક્સિડાઈઝીંગ પદાર્થ તરીકે ઉપયોગમાં

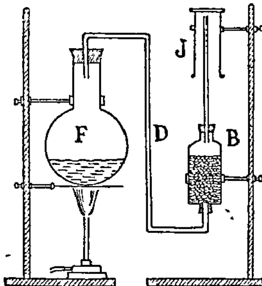
આવે છે અને તેથી જ સુરાખાર (KNO_3) —પોટાસિયમ નાઈટ્રેટનો ઉપયોગ દારુગોળામાં થાય છે. એનો મોટો ઉપયોગ ખાતર તરીકે પણ થાય છે.

૭. નાઈટ્રોજન ચક્ર (Nitrogen Cycle). નાઈટ્રોજન સંયોજિત (combined) સ્થિતિમાં તેમજ મુક્ત (free) સ્થિતિમાં મળી આવે છે. એનું પ્રમાણ હવામાં ચોક્કસ હોય છે. પરંતુ મુક્ત સ્થિતિમાંથી સંયોજિત સ્થિતિમાં તેનું રૂપાંતર થયા કરે છે. જ્યારે હવામાનમાં વીજળી થાય છે ત્યારે તેમાંથી નાઈટ્રોજન વિભક્ત થાય છે અને તેમાંથી નાઈટ્રોજનના ઑક્સાઈડ બનવા પામે છે. તે ઑક્સાઈડ વરસાદનાં પાણી જોડે મિશ્ર થઈને જમીન ઉપર આવે છે અને જમીનની માટી સાથે ભળે છે. વનસ્પતિ આ નાઈટ્રોજનને મૂળિયાં વડે તેમના ખોરાક તરીકે શોષે છે અને તેમના પાન, થડ, બીજ વગેરેમાં સંગ્રહ કરે છે. એ વનસ્પતિનાં ખોરાક દ્વારા આપણે આપણા શરીરને જરૂર પુરતું નાઈટ્રોજન તત્ત્વ મેળવી શકીએ છીએ. શરીરના સ્નાયુ વગેરે નાઈટ્રોજન વડે બંધાય છે. નાઈટ્રોજનનો થોડોક ભાગ મળમૂત્રાદિ દ્વારા પ્રાણીઓ પાછો બહાર કાઢે છે. આમાંનો કેટલોક નાઈટ્રોજન હવામાં ભળે છે, જ્યારે કેટલોક ખાતર તરીકે જમીનમાં ભળે છે અને પાછો વનસ્પતિના ઉપયોગમાં આવે છે. હવામાં ભળેલો નાઈટ્રોજન પણ પાછો વીજળીથી વિભક્ત થઈને જમીનમાં ભળે છે. આ રીતે નાઈટ્રોજનની એક ચક્રમાં આપલે થયા કરે છે. તેથી આપણે આ ઘટનાને નાઈટ્રોજન ચક્ર (nitrogen cycle) કહીએ છીએ.

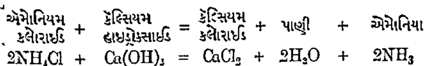
૮. એમોનિયા (Ammonia). પ્રયોગ:—આકૃતિ (૩૪)માં બનાવ્યા મુજબ બરણી F માં થોડા એમોનિયમ ક્લોરાઈડ (નવસાર) અને

ભીંજવેલા ચૂના (slaked lime) નાં સરખાં પ્રમાણમાં મિશ્રણને નાંખો. એ બંને બરાબર ઢંકાઈ રહે તેટલું પાણી ઉપરથી નાંખો. એમાંથી નીકળતી વિમોચન નળી D ને એક બન્ને છેડે ખુલ્લી અને કળી ચૂના(quick lime) વડે ભરેલી નળી B માં દાખલ કરો. B ના ઉપલા નાકે એક બીજી નળી દાખલ કરો. એ નળીની ઉપર એક નળાકાર J સ્ટૅંડમાં પકડીને ઊંધું વાળો.

આકૃતિ ૩૪.



હવે બરણી F ને ધીમે તાપે તપાવો. અંદરથી એમોનિયા વાયુ નીકળે છે તે D મારફતે B માંથી પસાર થઈ J માં ભેગો થશે. B માં રાખેલો કળી-ચૂનો એમાંના ભેજ અને કાર્બન ડાયોકસાઇડ વાયુ હોય તો તેને શોષી લે છે, અને ચોખ્ખો એમોનિયા વાયુ J માં ભેગો થાય છે. નીચે પ્રમાણે ક્રિયા થઈને એમોનિયા વાયુ છૂટો પડે છે.



એમોનિયમ ક્લોરાઇડ + કૅલ્સિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ = કૅલ્સિયમ ક્લોરાઇડ + પાણી + એમોનિયા

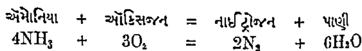
$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$

આ વાયુને ઑક્સિજન અથવા હાઇડ્રોજનની પેઠે પાણીને સ્થળાંતર કરવાની રીતથી ભેગો કરી શકાતો નથી, કારણ કે આ વાયુ પાણીમાં ઘણો જ દ્રાવ્ય છે. એ હવાથી પ્રમાણમાં ઘણો હલકો છે એટલે એને ઊંધા વાસણમાં ભેગો કરી શકાય છે. એનાથી સ્થળાંતર થયેલી ભારે હવા નીચે

ઊતરે છે. નળાકાર J પણ તદ્દન સૂકું હોવું જોઈએ નહિતર તેમાંના પાણીમાં એ વાયુ ઝટ ઓગળી જશે.

૯. એમોનિયા વાયુના ગુણધર્મો. પ્રયોગો (૧);—એ વાયુના નળાકારમાં એક બળતી મીણબત્તી દાખલ કરો. વાયુ જાતે બળે છે? એ જ્વલન (burning) નો ઉત્તેજક છે? (૨) એ વાયુની બરણીમાં ભીંજવેલું લિટમસ કાગળ દાખલ કરો. એમાં રાતું લિટમસ ભૂરું થાય છે તેની નોંધ કરો. (૩) એ વાયુથી ભરેલાં એક નળાકારને એક પાણીનાં વાસણ ઊંધું વાળો. એ નળાકારમાં ઝટ પાણી ઊંચું ચઢી જાય છે તે બતાવે છે કે એ વાયુ પાણીમાં ઘણો દ્રાવ્ય છે. એ પાણીમાં લિટમસ કાગળ ઉપરની અસરને તપાસો. રાતું લિટમસ ભૂરું થાય છે. (૪) એ વાયુનાં દ્રાવણને ઊકાળીને જુઓ કે કંઈ નીચે બાકી રહે છે કે? પાણીની વરાળ થાય છે અને એમોનિયા વાયુ ઊડી જાય છે, (૫) એ વાયુની ગંધ કેવી છે તે જરા સંભાળથી તપાસો. ગંધ ઘણી તીવ્ર હોય છે. (૬) ચૂનાનાં નિતર્યાં પાણી ઉપર કંઈ અસર થાય છે કે કેમ?

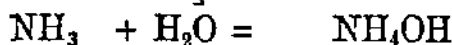
એ વાયુ રંગ વિનાનો, અદૃશ્ય અને તીવ્ર (stringent) ગંધવાળો છે. હવાથી હલકો હોવાથી હાઈડ્રોજનની પેઠે ઊંધા વાસણમાં ભેગો કરી શકાય છે. એ વાયુમાં જ્વલન થઈ શકતું નથી. એટલે બળતી મીણબત્તી હોલવાઈ જાય છે. એમોનિયા જાતે બળી શકે છે અને નળાકારનાં મુખ આગળ પીળાશ પડતી જ્યોતથી બળે છે અને તેમાંથી નાઈટ્રોજન અને પાણી ઉત્પન્ન થાય છે.


એમોનિયા + ઑક્સિજન = નાઈટ્રોજન + પાણી

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

એમોનિયા વાયુ પાણીમાં ઘણો દ્રાવ્ય (soluble) છે એટલે એ વાયુથી ભરેલાં વાસણને ઊંધુ રાખીએ તો એ વાયુ પાણીમાં ઓગળી જાય છે અને તેથી એ વાસણમાં પાણી ઊંચું ચઢશે. આવી રીતે થયેલાં એમોનિયાનાં દ્રાવણમાં રાતું લિટમસ ભૂરું થાય છે

એટલે એમોનિયા એક બેઈઝ ગણાય છે અને એસિડને શિથિલ (neutralise) કરે છે. એમોનિયાના દ્રાવણને એમોનિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ (NH_4OH) કહેવામા આવે છે.



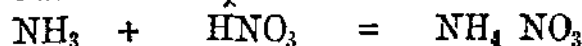
એમોનિયા + પાણી = એમોનિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$

એમોનિયમ ક્લોરાઈડ અને કોસ્ટિક સોડા (સોડિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ) ને સાથે ભેળીને ગરમ કરતાં તેમાંથી ઝટ એમોનિયા વાયુ નીકળે છે અને એથી એ રીત વધારે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

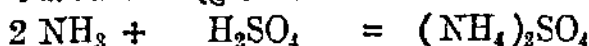
એમોનિયા વાયુને સુંઘવાનો ક્ષાર (smelling salt) કહેવામાં આવે છે. શરદી થઈ હોય તો એના દ્રાવણમાંથી વાયુ નીકળે તે સુંઘવાથી ફાયદો થાય છે.

એમોનિયા વાયુને નાઈટ્રિક એસિડ સાથે ભેળવાથી એમોનિયમ નાઈટ્રેટ ઉત્પન્ન થાય છે. સલ્ફ્યુરિક એસિડ સાથે ભેળવાથી એમોનિયમ સલ્ફેટ બને છે.



એમોનિયા + નાઈટ્રિક એસિડ = એમોનિયમ નાઈટ્રેટ

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

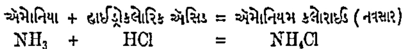


એમોનિયા + સલ્ફ્યુરિક એસિડ = એમોનિયમ સલ્ફેટ

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

એમોનિયમ સલ્ફેટ ખાસ કરીને ખાતર તરીકે ઉપયોગમાં આવે છે.

૧૧. એમોનિયમ ક્લોરાઈડ (NH_4Cl). એમોનિયા વાયુને હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડના વાયુ સાથે ભેગો કરવાથી સફેદ ધુમાડો ઉત્પન્ન થાય છે અને એમોનિયમ ક્લોરાઈડ (નવસાર) ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે.


એમોનિયા + હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડ = એમોનિયમ ક્લોરાઈડ (નવસાર)

NH_3 + HCl = NH_4Cl

એમોનિયમ ક્લોરાઈડનો ઉપયોગ દવામાં મુખ્યત્વે થાય છે. લેક્લાન્શે કોષ (બેટરી) માં એનું દ્રાવણ વાપરવું પડે છે. વાસણને કલાઈ (tin) કરવાં હોય તો પહેલાં નવસાર (એમોનિયમ ક્લોરાઈડ) લગાડવામાં આવે છે, જેથી કલાઈ બરાબર ચોંટી જાય છે.

સાર

૧. ઓક્સિજનને જ્વલન કરી દૂર કરવાથી અથવા એમોનિયમ નાઈટ્રાઈટ ક્ષારને ગરમ કરવાથી નાઈટ્રોજનના વાયુ પેદા થાય છે. એ ગંધ, રંગ અને સ્વાદ વિનાનો અક્રિય વાયુ છે. એની અંદર જ્વલન થતું નથી એ ઝેરી નથી, છતાં અક્રિય હોવાથી એમાં જીવન ટકતું નથી. ચૂનાનાં પાણી કે લિટમસ પેપર ઉપર એની અસર થતી નથી.

૨. હવામાં વીજળી વડે નાઈટ્રોજનના ક્ષાર પેદા થાય છે, તે જમીનમાં ભળે છે અને વનસ્પતીને ખોરાક પૂરો પાડે છે. પ્રાણી વનસ્પતીને ખાય છે અને તેના અવશેષમાંથી પાછો નાઈટ્રોજન પેદા થઈ હવામાં ભળે છે.

૩. નાઈટ્રિક એસિડ પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ અને સલ્ફ્યુરિક એસિડનાં મિશ્રણને ગરમ કરવાથી મળે છે. એ જલદ તેજાબ છે. એની સાથે ધાતુનો સંયોગ થવાથી તેના નાઇટ્રેટ બને છે. એનો ઉપયોગ કોલટારના રંગ બનાવવામાં, વાસણ સાફ કરવામાં અને નાઈટ્રોજન મેળવવામાં થાય છે.

૪. નાઈટ્રોજનના સોડિયમ અને પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ ક્ષારો ખાતર તરીકે ઉપયોગમાં આવે છે. સિલ્વર નાઈટ્રેટ ક્ષાર દવામાં વપરાય છે. એમોનિયમ ક્લોરાઈડ અને કેલ્સિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડને ગરમ કરવાથી એમોનિયા વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એ વાયુ જલદ ગંધવાળો, રંગ વગરનો વાયુ છે. એના ક્ષારોમાં એમોનિયમ ક્લોરાઈડ તથા એમોનિયમ સલ્ફેટ મુખ્ય છે. એમોનિયમ ક્લોરાઈડ (નવસાર) લેક્લાન્શે કોષમાં, તેમજ કલાઈ કરવા માટે વપરાય છે. એમોનિયમ સલ્ફેટ ખાતરમાં ઉપયોગી થાય છે.

પ્રશ્નો

૧) નાઈટ્રેટ (સુરોખાર) અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ આપ્યો હોય તો તેમાંથી નાઈટ્રિક ઍસિડ કેમ તૈયાર કરશો તેનું સંપૂર્ણ વર્ણન કરો.

૨) એમોનિયા વાયુમાં કયા વાયુ કેટલા પ્રમાણમાં ભાગ લે છે ? એ વાયુને પાણીમાંથી પસાર કરીએ તો શું પરિણામ આવે? એમોનિયા વાયુનાં દ્રાવણમાં નાઈટ્રિક અને હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ નાંખીએ તો શું પરિણામ આવે ?

૩) ચાર શીશીમાં પાણી, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ અને એમોનિયા આપ્યાં હોય તો દરેકને કેમ પારખશો ?

૪) વનસ્પતિ નાઈટ્રોજન કયી રીતે મેળવે છે ? નાઈટ્રોજન ચક્ર ઉપર ટૂંક નોંધ લખો.

૫) નાઈટ્રિક ઍસિડ અને નાઈટ્રેટને ઑક્સિડાઈઝીંગ પદાર્થ કેમ કહેવામાં આવે છે ?

૬) નાઈટ્રોજન વાયુને કેમ પેદા કરશો ? એના ગુણધર્મો વર્ણવો.

૭) એમોનિયમ ક્લોરાઈડ કેમ પેદા કરશો ? એના ઉપયોગ લખો.

૮) નાઈટ્રોજનનાં ચાર સંયોજનનાં નામ અને ઉપયોગ આપો.

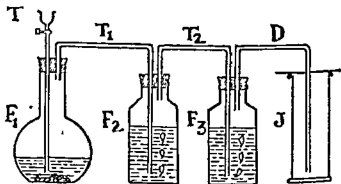
પ્રકરણ ૧૨

ક્લોરિન (Chlorine)

૧. **ક્લોરિન કેવા સ્વરૂપમાં મળે છે.** ક્લોરિન અનેક ક્ષારોમ સંયોજિત થયેલો મળી આવે છે. ખાસ કરીને સમુદ્રમાં મીઠ (sodium chloride) માં અને મેગ્નેઝિયમ ક્લોરાઈડની સા સંયોજિત સ્વરૂપમાં ક્લોરિન ઘણા બહોળા પ્રમાણમાં રહેલો છે.

૨. **ક્લોરિન વાયુને તૈયાર કરવાની રીત.** પ્રયોગ (૧):- આકૃતિ (૩૫) માં બતાવ્યા મુજબ એક F_1 બરણીમાં થોડો મૅંગેનિ ડાયોક્સાઈડ લો. તેના ઉપર ઢંકાય તેટલો જલદ હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ નાખે

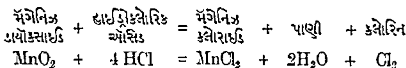
આકૃતિ ૩૫.



એ બરણીમાં ગળણીવાળી T નળી ઠેઠ ઍસિડમાં રહે તેમ દાખલ કરો અ બીજી T_1 નળી F_2 બરણીમાં પાણીમાં ડૂબે તેમ દાખલ કરો. (ક્લોરિન સા હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ હોય તે એ પાણીમાં ઓગળી જાય છે.) F_1 બરણીમાંથ નીકળતી T_2 નળીને વાયુમાંનાં ભેજ ને શોષવા માટે F_3 બરણીમાં જલ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં ડૂબે તેમ રાખો. છેલ્લી વિમોચન નળી (D) ને નળાકા J માં દાખલ કરો અને નળાકારને ઉપરથી ઢાંકો. હવે F_1 બરણીને ધીમે તાપે (રેતીના તાપક, sand bath માં) તપાવો. ક્લોરિન J મ

ાગો થશે. એ વાયુને સુંઘવો નહિ, કારણ કે વાસ ઘણી તીવ્ર છે. (જો
રણી F_1 ને તપાવવી ન હોય તો મૅંગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડમાં થોડો પોટાસિયમ
રમૅંગેનેટ ભેળવો.)

ઉપરની રાસાયણિક ક્રિયા નીચે મુજબ થાય છે.

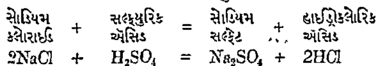


મૅંગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ + હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ = મૅંગેનિઝ ક્લોરાઇડ + પાણી + ક્લોરિન

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

(૨):—આ ક્રિયા બીજી રીતે પણ થઈ શકે છે. ઉપરની બરણી
F_1 માં મીઠું અને મૅંગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડનો ભેળ રાખી ઉપરથી જલદ સલ્ફ્યુરિક
ઍસિડ નાંખીએ તો નીચે મુજબ ક્રિયા થઈને તેમાંથી પણ ક્લોરિન
ાયુ નીકળશે.

પ્રથમ મીઠાં સાથે ઍસિડની ક્રિયાં નીચે મુજબ થાય છે



સોડિયમ ક્લોરાઇડ + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ = સોડિયમ સલ્ફેટ + હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

હવે હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડની મૅંગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ ઉપર ક્રિયા થાય છે,
અને ઉપર દર્શાવેલાં સમીકરણ મુજબ તેમાંથી ક્લોરિન વાયુ નીકળે છે.

(૩):—મીઠાં (સોડિયમ ક્લોરાઇડ, NaCl) નું દ્રાવણ બનાવી
વૈદ્યુતપૃથક્કરણ કરવામાં આવે તો તેમાંથી સોડિયમ અને ક્લોરિન વાયુ
છૂટાં પડે છે.

૩. ક્લોરિન વાયુના ગુણધર્મો. (૧) એ વાયુનો રંગ કેવો છે?
(૨) એ વાયુ હવાથી ભારે છે કે હલકો? (૩) એ વાયુની ગંધ કેવી છે?
(દૂરથી ગંધ પારખવી.) (૪) એક બળતી મીણબત્તી ઉતારી જુઓ કે એ
જ્વલનને મદદ કરે છે કે? (૫) સૂકા લિટમસ કાગળને અને પછી ભીંજવીને
નાંખીને કેવી ક્રિયા થાય છે તે જુઓ. (૬) એક ક્લોરિનના નળાકારને
પાણીમાં ઊંધું વાળીને એ વાયુ પાણીમાં ઓગળે છે કે કેમ તે જુઓ. (૭)

ચૂનાનાં નિર્મળ પાણી ઉપર કેવી અસર થાય છે ? (૮) કાચા રંગનું એક સૂકું કપડું લઈને અંદર નાંખો. કંઈ ફેરફાર થાય છે કે ? હવે એ કપડાંને ભીંજવીને અંદર નાંખો. તેમના રંગમાં ફેરફાર માલૂમ પડે છે કે ? (૯) એ વાયુના વાસણમાં થોડો એન્ટિમની ધાતુનો ભૂકો નાંખો. એ ભૂકો ઝટ સળગીને બળે છે. (૧૦) એક બ્લૉટીંગ કાગળને ટર્પેન્ટાઈનમાં બોળીને એ વાયુનાં વાસણમાં રાખો તો તે સળગી ઊઠે છે.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી માલૂમ પડશે કે ક્લોરિન તપખીરિયા રતાશ પડતા રંગનો વાયુ છે. હવાથી ભારે છે. આ વાયુ ઝેરી છે અને ગળામાં જાય તો ખૂબ ત્રાસ આપે છે. યુદ્ધમાં ઝેરી વાયુ તરીકે ક્લોરિનનો ઉપયોગ થાય છે.

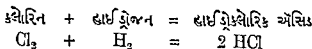
આ વાયુ થોડાં પ્રમાણમાં પાણીમાં ઓગળે છે. આવાં પાણીને ક્લોરિનેટેડ પાણી (chlorinated water) કહેવામાં આવે છે. આ પાણી જંતુનાશક છે. એટલે ટાઈફોઈડ જેવા રોગવાળા માણસોને આ પાણી પીવા આપવું ફાયદાકારક છે. આમ ક્લોરિન વાયુ જંતુનાશક છે.

મોટાં શહેરમાં પાણીને જંતુવિમુક્ત બનાવવા ક્લોરિન વાયુનો બહુ બહોળો ઉપયોગ થાય છે. બ્લીચિંગ પાઉડરમાંથી મળતો અથવા છૂટા ક્લોરિન વાયુને પાણીમાં ઓગાળવામાં આવે છે, આથી પાણીમાંના જંતુ નાશ પામે છે.

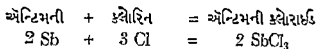
ક્લોરિન વાયુ જાતે બળતો નથી; પરંતુ દહનક્રિયાને મદદ કરે છે. દા. ત. એન્ટિમની અને ટર્પેન્ટાઈનથી ભીંજવેલો કાગળ એમાં બળે છે. એ વાયુ ભૂરાં લિટમસને સહેજ રાતું બનાવે છે એટલે એમાં એસિડિક ગુણ છે.

ક્લોરિન વાયુની સાથે હાઈડ્રોજનને સરખા કદમાં કાચનાં વાસણમાં મિશ્ર કરીને સૂર્યના તાપમાં મૂકીએ તો એ બન્ને

સંયોજિત થાય છે. જો એ વાયુનાં મિશ્રણને દીવાસળીની જ્યોત લગાડવામાં આવે તો તે ધડાકા સાથે સળગી જઈને રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે.



ઉપર બતાવ્યું તેમ ઍન્ટિમની ધાતુનો ભૂકો એમાં ઝટ સળગી જાય છે. એ જ પ્રમાણે ફૉસ્ફરસ, તાંબાનો ભૂકો, ગરમ લોખંડ અથવા પિતળના તાર વગેરે એ વાયુમાં ઝટ સળગીને બળે છે.

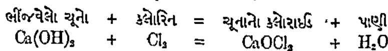


૪. ક્લોરિન વિરંજન પદાર્થ (Bleaching Agent) છે. ક્લોરિન વાયુ વનસ્પતિજન્ય રંગોને દૂર કરે છે એટલે એવા રંગોને દૂર કરવા ક્લોરિન વાપરી શકાય છે. કપડાં ઉપર વનસ્પતિજન્ય પદાર્થોના ડાઘ દૂર કરવા ક્લોરિન વાયુનો ઉપયોગ મીલના ઉદ્યોગમાં ઘણો થાય છે. એ ક્લોરિન કાંતો બ્લીચિંગ પાઉડરમાંથી મેળવવામાં આવે છે અથવા તો વિદ્યુત પૃથક્કરણ ક્રિયા વડે એ વાયુનું દ્રાવણ તૈયાર કરીને તેમાં કપડાંને ભીંજવીને ધોવામાં આવે છે. ક્લોરિન પાણીમાં ઓગળેલો હોય તો જ વિરંજન ક્રિયા કરી શકે છે. આથી જ સૂકાં કપડાંનો રંગ દૂર થતો નથી, પરંતુ ભીંજવેલાં કપડાંનો રંગ દૂર થાય છે. આનું કારણ એ છે કે ક્લોરિન પાણીમાં ઓગળવાથી હાઇપોક્લોરસ ઍસિડ બને છે અને એ ઍસિડ વિરંજન ક્રિયા કરે છે. આ કપડાંને ઘણા મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનાં દ્રાવણમાં બોળીને પછી પાણીથી ખૂબ ધોવામાં આવે છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ પણ વિરંજન ક્રિયા (bleaching action) કરે છે. ક્લોરિન વાયુ ઘણો જલદ હોવાથી રેશમ, ઊન ફૂલ, વગેરે પદાર્થોના રંગ અથવા

મેલ દૂર કરવા માટે વપરાતો નથી પરંતુ સલ્ફર ડાયોકસાઈડ વાયુ વપરાય છે. ક્લોરિન વડે જે વિરંજન (bleaching) થાય છે તે સ્થાયી (permanent) હોય છે, જ્યારે ગંધક વડે થતું વિરંજન અસ્થાયી (temporary) હોય છે.

ક્લોરિનનું પાણી ઓક્સિડાઈઝિંગ પદાર્થ છે એટલે રંગના પદાર્થને ઓક્સિડાઈઝ કરીને છૂટા પાડે છે. સલ્ફર ડાયોકસાઈડ રિડ્યુસિંગ પદાર્થ છે એટલે હાઈડ્રોજન આપીને મેલ અથવા રંગના પદાર્થોને છૂટા પાડે છે. કપડાં સાફ કરવા માટે જોઈતો ક્લોરિન બ્લીચિંગ પાઉડર વિરંજન ક્ષારમાંથી મેળવવામાં આવે છે.

૫. બ્લીચિંગ પાઉડર (વિરંજન ક્ષાર) (**Bleaching Powder**). ભીના કળી ચૂના (slaked lime) નો એક ઓરડામાં ત્રણ કે ચાર ઇંચનો થર બાંધવામાં આવે છે. ઓરડામાં ક્લોરિન વાયુ છોડવામાં આવે છે અને કળી ચૂનામાં ચાસ પાડી વારંવાર ઉથલપાથલ કરવામાં આવે છે, એટલે ઝડપથી ક્લોરિન વાયુ શોષાઈ જાય છે. આ રીતે ૧૨ થી ૨૪ કલાક સુધી આ ચૂનાને રાખવામાં આવે છે એટલે બ્લીચિંગ પાઉડર તૈયાર થાય છે. એ ઓરડામાં થોડો ક્લોરિન વાયુ બાકી રહ્યો હોય તેને શોષવા માટે ચૂનાનો બારીક ભૂકો ઉડાડવામાં આવે છે. જ્યાં સુધી ક્લોરિન ભર્યો હોય ત્યાં સુધી ઓરડો તદ્દન બંધ રાખવામાં આવે છે. બ્લીચિંગ પાઉડરમાં ૩૦ થી ૪૦ ટકા ક્લોરિન રહેલો હોય છે. પાઉડરને ક્લોરાઈડ ઓફ લાઈમ (ચૂનાનો ક્લોરાઈડ) કહેવામાં આવે છે.



ભીંજવેલો ચૂનો + ક્લોરિન = ચૂનાનો ક્લોરાઈડ + પાણી

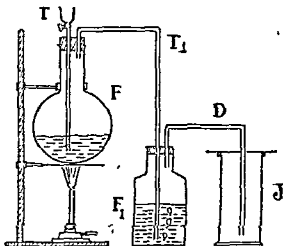
$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = CaOCl_2 + H_2O$$

જે કપડાંનો રંગ કાઢવો હોય તેને બ્લીચિંગ પાઉડરના દ્રાવણમાં ઝબકોળવામાં આવે છે, અને ત્યાર પછી સલ્ફ્યુરિક

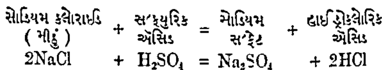
અથવા હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડના ઘણાજ મંદ (dilute) દ્રાવણમાં બોળવામાં આવે છે, એટલે કપડાંનો મેલ અને રંગ દૂર થાય છે. બ્લીચિંગ પાઉડર લાંબો વખત રહેવા દેવાથી તેમાંનો ક્લોરિન વાયુ ઊડી જાય છે એટલે તાજો પાઉડર વાપરવો સારો. નાના જથ્થામાં પાણીને શુદ્ધ કરવા માટે ક્લોરિન વાયુને પસાર કરવાને બદલે પાણીમાં બ્લીચિંગ પાઉડર નાંખવામાં આવે છે. આમ કરવાથી એ પાઉડરમાંનો ક્લોરિન વાયુ છૂટો પડે છે અને પાણીને જંતુવિમુક્ત બનાવે છે.

૬. હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ (**Hydrochloric Acid, HCl**). પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૩૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક કાચની બરણી F માં ભેજ વિનાનું મીઠું (સોડિયમ ક્લોરાઇડ) નાંખો અને એક બૂચમાંથી બતાવ્યા પ્રમાણે બે નળી T અને T_1 બેસાડી હોય તે વડે બરણી બંધ કરો અને ગળણી વાટે જલદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનુ વીસ ટકા પાણીનુ દ્રાવણ રેડો.

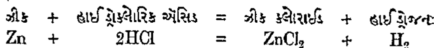
આકૃતિ ૩૬.



હવે એ મિશ્રણને ધીમે તાપે ગરમ કરો. હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડનો વાયુ વાંકી નળી વાટે બાજુના ઊભા રાખેલા નળાકાર J (cylinder) માં ભેગો થશે, કારણ કે તે હવાથી ભારે છે. એ વાયુમાંથી ભેજ દૂર કરવા એને F_1 બરણીમાં રાખેલા જલદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. નળાકારને મથાળે ભૂરું લિટમસ રાખો જ્યારે તે રાતું થાય કે તરત નળાકારને કાચની પ્લેટથી બંધ કરો અને એવી રીતે બીજા જરૂર પડતા નળાકાર ભરી લો. એ વાયુના ગુણધર્મો તપાસો.



૭. **હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડના ગુણધર્મો.** જો હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડથી ભરેલાં વાસણમાં બળતી મીણબત્તી ઊતારીએ તો એ બળતો નથી તેમજ જ્વલનને મદદ પણ કરતો નથી, એટલે ખાતરી થશે કે વાયુમાં જ્વલનક્રિયા થતી નથી તેમજ વાયુ પણ બળી શકતો નથી. ભુરું લિટમસ સહેજ ભીંજાવી નળાકારમાં નાંખવાથી રાતું થાય છે, એટલે એ વાયુ ઍસિડ છે એમ ખાતરી થાય છે. જો નળાકારને ખુલ્લો કરીએ તો હવામાંના ભેજને એકદમ ચૂસી લેતો હોવાથી ધુમાડો ઉત્પન્ન થતો દેખાય છે. જો એ વાયુથી ભરેલાં એક નળાકારને પાણીનાં વાસણમાં ઊંધો વાળી ખુલ્લો કરીએ તો અંદરનો હાઈડ્રોક્લોરિક વાયુ એકદમ પાણીમાં ઓગળી જાય છે અને વાસણમાંનું પાણી આખાં વાસણને ભરી દે છે. એ પાણી ઍસિડ તરીકે વપરાય છે. ઘણુંખરું આ વાયુને ઉપયોગમાં લેતી વખતે પાણીમાં ઓગાળી ઍસિડના દ્રાવણનેજ વાપરવામાં આવે છે, અને એ દ્રાવણને હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડનું દ્રાવણ અથવા ટૂંકમાં, હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ કહેવામાં આવે છે. એ ઍસિડને ઝીંક (જસત) અથવા લોખંડ ઉપર નાંખતાં હાઈડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.


ઝીંક + હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ = ઝીંક ક્લોરાઈડ + હાઈડ્રોજન

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

એ જ પ્રમાણે લોખંડમાંથી આયર્ન ક્લોરાઈડ, અને હાઈડ્રોજન ઉદ્ભવે છે. આ બન્ને ક્લોરાઈડ્સ દ્રાવણમાં ઓગળે તેવા હોય છે. પાણીનું કાળજીપૂર્વક બાષ્પીભવન કરવાથી અને કેલાસીભવન કરવાથી ક્લોરાઈડ્સના સ્ફટિકો મળી આવે છે.

હાઈડ્રોજન અને ક્લોરિન વાયુને સરખા કદમાં ભેગા કરી ગરમ કરવાથી અથવા સૂર્યના તાપમાં મૂકવાથી પણ હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ બને છે. અમુક દ્રાવણમાં ઍસિડ રહેલો છે એ ચોક્કસ રીતે જાણવા તે દ્રાવણને મેંગેનિઝ ડાયૉક્સાઈડ (MnO_2) સાથે ગરમ કરવું, એટલે અંદરથી ક્લોરિન વાયુ નીકળશે અને તેની ગંધ ઉપરથી એ દ્રાવણ હાઈડ્રોક્લોરીક ઍસિડનું જ છે એમ ખાતરી થશે.


$(MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O)$

જો આ ઍસિડમાં સિલ્વર નાઈટ્રેટ (રૂપાનો નાઈટ્રેટ, $AgNO_3$) નાંખવામાં આવે તો તેમાંથી સિલ્વર ક્લોરાઈડ થાય છે અને એ ક્ષાર અદ્રાવ્ય હોવાથી સફેદ ભેગ (precipitate) ઉત્પન્ન કરશે. એ ભેળ નાઈટ્રિક ઍસિડ નાંખતા પણ પાછો દ્રાવ્ય (soluble) બનતો નથી.

૮. ક્લોરાઈડ્સ (**Chlorides**). હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડને ધાતુ અથવા બેઈઝ સાથે ભેળવાથી જે ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે તે ક્લોરાઈડ છે. આવા ક્લોરાઈડ્સમાં મુખ્ય સોડિયમ ક્લોરાઈડ (મીઠું) છે અને સમુદ્રનાં પાણીમાંથી મીઠાંના અગર બનાવી પુષ્કળ જથ્થામાં મીઠું તૈયાર થાય છે. મીઠું એ જીંદગીની જરૂરિયાતની મહત્વની વસ્તુ છે. ખોરાકને સ્વાદ આપવા, તથા ઘી,

ચટણી, માખણ, માંસ વગેરે વસ્તુને લાંબો વખત જાળવી રાખવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે. એના ચોરસ બાજુવાળા સ્ફટિક ઉત્પન્ન થાય છે. શંખજીરુ (rock–salt) એ જમીનમાંથી મળી આવતું મીઠું છે અને એના સ્ફટિક ઘણા મોટા થાય છે. એ સ્ફટિકોમાં કેલાસીભવનનું પાણી (water of crystallisation) હોતું નથી એટલે એને ગરમ કરવાથી પાણીની વરાળ નીકળતી નથી, માત્ર ગરમીથી એ સ્ફટિકો તડતડ અવાજ કરી ભાંગી જઈ ફૂટે છે. મીઠું અને ઘણાખરા ક્લોરાઈડો દ્રાવ્ય હોય છે.

ખનિજ મીઠું (શંખજીરું) ના મોટાં પડો ઘણે ઠેકાણે મળી આવે છે. ઑસ્ટ્રિયામાં એ મોટા જથ્થામાં મળી આવે છે. કોહાટ અને મન્ડી સ્ટેટના 'સોલ્ટરેંજ' વાળા પ્રદેશમાંથી ઘણા બહોળા પ્રમાણમાં આ મીઠાની નિપજ થાય છે. આમ છતાં ઘણુંખરું મીઠું મીઠાના અગરો બનાવીને મુંબઈ, મદ્રાસ, અને બર્માના કિનારા ઉપર તૈયાર કરવામાં આવે છે. એડન અને યુરોપમાંથી પણ ઘણું મીઠું આયાત કરવામાં આવે છે.

મીઠાંનો ઉપયોગ વૉશીંગ સોડા (સૉડિયમ કાર્બોનેટ) બનાવવામાં પણ થાય છે. કેલ્સિયમ ક્લોરાઈડ ($CaCl_2$) નામનો ક્ષાર ઘણો ભેજશોષક અને ભેજદ્રાવક હોવાથી સામાન્ય વાયુ (જે એના ઉપર ક્રિયા કરતા ન હોય તે) માંથી ભેજ શોષી લેવાના ઉપયોગમાં એ આવે છે. ભીંજવેલા ચૂનામાં હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ નાંખીને તપાવવાથી આ ક્ષાર મળે છે. એના સ્ફટિક પણ બને છે. હવામાં ખુલ્લો રાખતાં એ તરત જ ભેજ શોષીને ઓગળી જાય છે.

સાર

૧. ક્લોરિન વાયુનું તત્ત્વ મુખ્યત્વે મીઠા (sodium chloride) માં રહેલું છે. મેંગેનિઝ ડાયૉક્સાઈડ અને હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ તપાવવાથી એ

વાયુ મળે છે મીઠું અને ગધકનો તેજાબને તપાવીએ તોપણ એ વાયુ મળે છે. મીઠાના વિદ્યુત પૃથક્કરણ વડે પણ એ વાયુ મળી શકે છે

૨. ક્લોરિન વાયુ તીવ્ર ગંધવાળો, પીળાશ પડતા રંગવાળો અને પાણીમા ઓગળે તેવો વાયુ છે એમાં મીણબત્તી ધુમાડા સાથે બળે છે હાઈડ્રોજન વાયુ પણ એમા બળે છે એમા ફૂલ કે મેલું કપડુ નાખવાથી તેમનો રંગ જતો રહે છે. એ વાયુનો મુખ્ય ઉપયોગ બ્લીચિંગ પાઉડર (વિરંજન ક્ષાર) બનાવવામા થાય છે મોટા જથ્થામા પાણીને શુદ્ધ કરવા માટે આ વાયુને પસાર કરવામા આવે છે

૩ કળીચૂનામાં ક્લોરિન વાયુ પસાર કરવાથી બ્લીચિંગ પાઉડર તૈયાર થાય છે. ખાસ કરીને કપડા ધોવામા એનો ઉપયોગ થાય છે. પાણીમાં ઓગળતા એમાથી ક્લોરિન છૂટો પડે છે આથી જ નાના જથ્થાનાં પાણીને એ પાઉડર વડે જતુવિમુક્ત બનાવવામા આવે છે

૪ મીઠા ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાખવાથી હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડનો વાયુ પેદા થાય છે એ વાયુ પણ તીવ્ર ગંધવાળો, પાણીમા ઓગળે તેવો, અને ભૂરાં લિટમસને રાતું બનાવે તેવો છે. ધાતુ ઉપર રેડવાથી એનો ક્ષાર બને છે અને તેમાથી હાઈડ્રોજન વાયુ નીકળે છે

પ્રશ્નો

(૧) હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ કેમ ઉત્પન્ન કરાય છે? એના મુખ્ય ગુણધર્મો વર્ણવો.
(૨) ક્લોરાઈડ્સ અને મીઠું કેવી રીતે તૈયાર કરવામા આવે છે?
(૩) ક્લોરીન વાયુ કેવી રીતે મેળવી શકાય એ જણાવો અને તેના ગુણધર્મો લખો.
(૪) બ્લીચિંગ પાઉડર એટલે શુ? બ્લીચિંગ પાઉડર કેમ તૈયાર કરવામા આવે છે? કપડાને બ્લીચિંગ પાઉડરથી કેવી રીતે સાફ કરવામા આવે છે?
(૫) ક્લોરીન વાયુ અને સલ્ફર ડાયોક્સાઈડના બ્લીચિંગમા શો ભેદ?
(૬) મીઠા (સોડિયમ ક્લોરાઈડ) ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાખી સહેજ તપાવવાથી શુ પરિણામ આવે?
(૭) હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ અને સિલ્વર નાઈટ્રેટ ભેગા કરવાથી શુ પરિણામ આવે છે? એમા નાઈટ્રિક ઍસિડ નાંખવાથી શુ થશે?

પ્રકરણ ૧૩

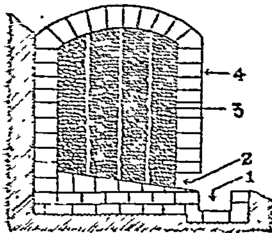
ગંધક, સલ્ફર (Sulphur)

૧. ગંધક કેવાં સ્વરૂપમાં મળે છે. ગંધક કેટલાક ક્ષારનાં સંયોજનમાં અને છૂટી અવસ્થામાં પણ મળી આવે છે. છૂટો ગંધક તદ્દન ચોખ્ખો હોતો નથી એટલે તેને શુદ્ધ કરવો પડે છે. જાપાન અને સિસિલી જેવા ઘણાખરા જ્વાલામુખી પ્રદેશમાં ચોખ્ખો સલ્ફર મળી આવી છે. એ સિવાય સલ્ફેટ તરીકે કાચી ધાતુ (metal ore) માં (અને સલ્ફાઈડરૂપે) સલ્ફર બહુજ બહોળા પ્રમાણમાં મળે છે. હાલમાં અમેરિકામાં જમીનનાં ઊંડાણમાંથી વરાળનું દબાણ આપીને ગંધકને પુષ્કળ પ્રમાણમાં બહર કાઢવામાં આવે છે અને તે ગંધક તદ્દન ચોખ્ખો હોય છે.

હિંદુસ્તાનમાં બંગાળના અખાતમાં બેરન (ઉજ્જડ) ટાપુમાંથી, મદ્રાસમાંથી, કરાંચી આગળ ગીઝીમાંથી, પંજાબમાં કોહાટ અને બાનુ પરગણામાંથી, કાશ્મિરમાં રૂપશુની ખાણમાંથી, સંયુક્ત પ્રાંતમાં કુમાઉન અને ગહેવાલ પરગણામાંથી, બર્મામાં શાન સ્ટેટમાંથી, અને બલુચીસ્તાનમાંથી સલ્ફર મળી આવે છે.

૨. ગંધકને ચોખ્ખો કરવાની રીત. પ્રથમ ખનિજ ગંધકને આકૃતિ (૩૭) માં બતાવ્યા મુજબની એક ભઠ્ઠીમાં સીંચવામાં આવે છે. એ ભઠ્ઠીનું તળિયું ઢાળવાળુ હોય છે અને ગંધકને એવી રીતે સીંચવામાં આવે છે કે જેથી થોડે થોડે આંતરે હવાને ઊંચે ચઢવાને માર્ગ મળે. વચ્ચે ખાલી જગાની લીટી વડે એ માર્ગ બતાવેલો છે. નીચેથી ગંધકને સળગાવવામાં આવે છે. એ ગંધક બળે છે અને તેના તાપે જ ઉપરનો ગંધક ધાતુના ખનિજોમાંથી પીગળીને છૂટો પડે છે અને નીચે ઊતરે છે. ચાર પાંચ દિવસમાં પીગળેલો ગંધક નીચેના માર્ગે (2) દ્વારા ખાડા (1) માં રાખેલાં પીપમાં ભરી લેવામાં આવે છે. આ ગધક પણ રાસાયણિક

આકૃતિ ૩૬.



1. ખાડો, 2. પીગળેલા ગંધકને નીકળવાનો માર્ગ, 3. ગંધક, 4. ભઠ્ઠીની દીવાલ

દૃષ્ટિએ શુદ્ધ હોતો નથી એટલે એને ફરીથી શુદ્ધ કરવો પડે છે.

આ ગંધકને મોટાં ધાતુના બંધ વાસણમાં નાખીને ખૂબ તપાવવામાં આવે છે. એ ગંધક પીગળીને વરાળરૂપ બને છે. એ ગંધકની વરાળને એક મોટાં ઈંટના બંધ ઓરડામાં લઈ જવામાં આવે છે. અહીં શરૂઆતમાં ગંધકની વરાળ ઠંડી પડવાથી ભૂકારૂપે નીચે ઠરે છે. આ ભૂકાને ફૂલગંધક (flowers of sulphur) કહેવામાં આવે છે. એ ઓરડો જેમ વધુ તપે તેમ એ નીચે ઠરેલો ફૂલગંધક પીગળીને પ્રવાહી બની જાય છે. એ પ્રવાહી રસને નળાકાર લાકડાંનાં વાસણોમાં ભરવામાં આવે છે. એને લાકડિયો ગંધક (roll sulphur) કહેવામાં આવે છે.

૩. ગંધકના ઉપયોગો. અશુદ્ધ ગંધકનો મુખ્ય ઉપયોગ ઊન, રેશમ વગેરેને નિરંજન (bleaching) કરવામાં વપરાતા સલ્ફર ડાયોકસાઇડ પેદા કરવામાં થાય છે. સલ્ફાઈટ્સ નામના લાકડાનાં તંતુઓને સાફ કરવાના ક્ષાર તૈયાર કરવામાં એ વપરાય છે. ખાસ મહત્ત્વનો ઉપયોગ ગંધકનો તેજાબ (સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ,) (sulphuric acid) બનાવવામાં થાય છે. દરેક રાસાયણિક ઉદ્યોગમાં ગંધકનો તેજાબ એક બહુ જ અગત્યનો પદાર્થ છે, એટલે ગંધકનો

મોટો ભાગ ગંધકનો તેજાબ બનાવવામાં જ વપરાય છે. શુદ્ધ કરેલો ગંધક દીવાસળી બનાવવામાં, બંદૂકનો દારૂ, અને ફટાકડા વગેરે બનાવવામાં, રંગ બનાવવામાં, રબરના વલ્કનાઈઝિંગ કાર્યમાં અને દવાઓ બનાવવામાં વપરાય છે. ફૂલગંધક ખાસ કરીને ઝાડના છોડવાઓને જંતુવિમુક્ત બનાવવામાં અને ઘરમાં જીવજંતુનાશક તરીકે વપરાય છે.

૪. ગંધકનો ગુણધર્મો અને સ્વરૂપો. સાધારણ ગંધક ઝાંખો, પીળો અને બરડ હોય છે. એને ગંધ હોતી નથી. એ ઉષ્ણતાનો અને વિદ્યુતનો જ મંદવાહક (bad conductor) છે. એ પાણીમાં અદ્રાવ્ય છે. કાર્બન ડાઈસલ્ફાઈડ નામનાં પ્રવાહીમાં એ ઝટ ઓગળી જાય છે. ગંધક સ્ફટિક અને અસ્ફટિક એમ બે સ્વરૂપનો હોય છે. એના સ્ફટિક સ્વરૂપો પણ બે જાતનાં છે: (૧) સમભુજ ચોખૂણ આકારનો સ્ફટિક ગંધક (rhombic sulphur) અને (૨) સોય જેવો લાંબો ઓખૂણ આકાર સ્ફટિક ગંધક (monoclinic sulphur); અસ્ફટિક આકારમાં :—(૩) ફૂલગંધક (flowers of sulphur) અને (૪) આકારદ અથવા ચિવટ ગંધક (plastic sulphur) છે. આમ એક જ જાતના ગંધક જુદાંજુદાં સ્વરૂપોને વિવિધરૂપ સ્વરૂપો (allotropic forms) કહેવામાં આવે છે. કોલસા અને ફોસ્ફરસના પણ આવાં વિવિધરૂપ સ્વરૂપો હોય છે. આ દરેક રૂપના પદાર્થના રાસાયણિક ગુણધર્મો તેના તે જ રહે છે, માત્ર ભૌતિક ગુણધર્મો, રૂપ અને આકારમાં ફેર પડે છે.

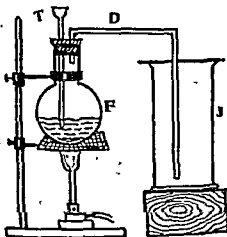
ઉપરના દરેક જાતના ગંધક કાર્બન ડાઈસલ્ફાઈડ પ્રવાહીમાં ઓગળી જાય છે, પરંતુ આકારદ ગંધક તેમાં ઓગળતો નથી.

૫. ગંધકને ગરમ કરવાથી થતા ફેરફારો. સાધારણ ટેમ્પરેચરે ગંધક પીળો ઘન હોય છે. એને જો ધીમેધીમે ગરમ

કરીએ તો એના સ્વરૂપમાં ઘણા ફેરફાર થાય છે. ૧૧૪° સે. સુધીમાં ગંધકનો કેશર રંગનો પ્રવાહી બને છે. એને ઠંડું પાડવામાં આવે તો પાછો તેનો તે જ પીળો ગંધક મળે છે.

જો પીગળેલા ગંધકને ૧૧૪° સે. થી વધુ તપાવીએ તો એ પ્રવાહીમાંથી ચીક્કટ પ્રવાહીરૂપ બને છે અને ઘટ્ટ બનતો જાય છે. ૨૫૦° સે. ટેમ્પરેચરે એ તદ્દન ચીક્કટ બને છે અને એને રેડવો હોય સહેલાઈથી રેડાતો નથી અને ઘણી વાર લાગે છે. આ ગંધકને એથી પણ વધુ ગરમ કરીએ તો એ ચીક્કટ પ્રવાહી પાછું પાતળાં પ્રવાહીરૂપ બને છે. ૪૪૫° સે. એ પ્રવાહી ઊકળવા લાગે છે અને કાળા નારંગી રંગનો વાયુ નીકળવા લાગે છે. આ વાયુને એકાએક ઠંડો કરીએ તો પાછો પીળો ફૂલગંધક મળી આવશે. જો ઊકળતા ગંધકને એકાએક પાણીમાં રેડી ઠંડો પાડીએ તો એ રસ ગૂંછળાં વળીને ઠંડો થાય છે, અને આકારહ (plastic) ગંધક બને છે.

આકૃતિ ૩૮.

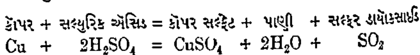


ગંધકને લોખંડના ભૂકા સાથે ખૂબ ગરમ કરીએ તો તેમાં રાસાયણિક ક્રિયા થાય છે અને તેમાંથી આયર્ન સલ્ફાઈડ પેદા થાય છે.

૬. સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ (Sulphur Dioxide, SO_2). પ્રયોગ (૧):—થોડા ગંધકને કોલસા ઉપર નાંખો તેમાંથી નીકળતા વાયુની ગંધ કેવી જણાય છે. ગંધકને બાળવાથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ વાયુ પેદા થાય છે. ($S+O_2=SO_2$)

(૨) :—આકૃતિ (૩૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક બરણી F માં થોડો તાંબાનો ભૂકો નાંખો અને બરણીના બૂચમાં ગળણીવાળી નળી T અને વિમોચન નળી D દાખલ કરો. વિમોચન નળીને નળાકાર J માં રાખો.

હવે ગળણીમાંથી જલદ ગંધકનો તેજાબ રેડીને એને તપાવવામાં આવે તો તેમાંથી સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ વાયુ નીકળીને નળાકાર J માં ભેગો થશે. આ વાયુ હવાથી ભારે હોય છે એટલે બતાવ્યા પ્રમાણે ભેગો કરવામાં આવે છે.

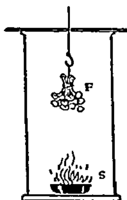

કૉપર + સલ્ફ્યુરિક એસિડ = કૉપર સલ્ફેટ + પાણી + સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

આ મુજબ ક્રિયા થઈને સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ વાયુ નીકળે છે.

૭. સલ્ફર ડાયોક્સાઇડના ગુણધર્મો અને ઉપયોગો. (૧) એ વાયુનાં ગંધ, રંગ અને સ્વાદ તપાસો; (૨) એ વાયુની એક બરણીમાં થોડું પાણી નાંખીને હલાવો અને તેમાં લિટમસ કાગળ ઉપર શી અસર થાય છે તે તપાસો. ભૂરું લિટમસ રાતું થાય છે; (૩) એ વાયુથી ભરેલી બરણીમાં એક રંગવાળું ભીંજવેલું ફૂલ નાંખો; આકૃતિ (૩૯) માં બતાવ્યા મુજબ એક પોર્સલેનની કુલડીમાં થોડા અંગારા મૂકીને તેમાં ગંધકનો ભૂકો નાંખો. ઉપર ઢાંકેલી પ્લેટમાંનાં કાણામાંથી એક તાર વડે થોડાં રંગીન ભીંજવેલાં ફૂલો લટકાવો. એ ફૂલોના રંગમાં કંઈ ફેર પડે છે કે? ફૂલોનો રંગ નીકળી જાય છે; (૪) એક પાણીનાં વાસણમાં આ વાયુથી ભરેલી બરણીને ઊંધી વાળો. એમાં એ વાયુ ઓગળે છે કે? એ વાયુ પાણીમાં ઘણો દ્રાવ્ય છે; (૫) એ વાયુમાં એક બળતી મીણબત્તી ઉતારો. એ વાયુ બળતો નથી અને વસ્તુને બાળવામાં મદદ પણ કરતો નથી; (૬) એ વાયુની બરણીમાં ચૂનાનું નિર્મળ પાણી (lime water) રેડો. તે દૂધિયા રંગનું થાય છે? ચૂનાનાં પાણી ઉપર આ વાયુની અસર થતી નથી.

આકૃતિ ૩૯.



ઉપરના પ્રયોગો વડે માલૂમ પડે છે કે સલ્ફર ડાયોકસાઈડ વાયુ અદૃશ્ય રંગ વિનાનો અને જલદ ગંધવાળો વાયુ છે. એ હવાથી ભારે છે, એમાં ઑકિસડેશન થતું નથી તેમજ એ વાયુ બળતો નથી; આમ છતાં એમાં મૅગ્નેઝિયમ તારનું દહન (combustion) થઈ શકે છે. એ વાયુ ચૂનાનાં નિર્મળ પાણી ઉપર અસર કરતો નથી. પાણીમાં દ્રાવ્ય છે અને લિટમસ કાગળને રાતું બનાવે છે. એમાં વિરંજન (bleaching) કરવાના ગુણો રહેલા છે.

ગંધકને બાળીને પ્રથમ તેમાંથી સલ્ફર ડાયોકસાઈડ પેદા કરીને તેમાંથી સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ બનાવવામાં આવે છે. સલ્ફર ડાયોકસાઈડ વાયુનો મુખ્ય ઉપયોગ વિરંજન (bleaching) કરવામાં થાય છે. જે કાપડ (રેશમ, ઊન જેવાં) ઉપર કલોરિનની જલદ અસર થાય તેવાને સલ્ફર ડાયોકસાઈડ વડે વિરંજન કરવામાં આવે છે. સલ્ફર ડાયોકસાઈડ પાણીમાં ઓગળવાથી સલ્ફ્યુરસ ઍસિડ (sulphurous acid) બને છે અને તેવી ક્રિયા રંગ અને મેલ ઉપર થાય છે.

સલ્ફર ડાયોકસાઈડ રિડ્યુસિંગ પદાર્થ છે. પાણી સાથે ભેળીને એમાંના હાઈડ્રોજનનો રંગમાં રહેલા ઑકિસજન સાથે સંયોગ થાય છે અને એ રીતે રિડ્યુસિંગ (reducing) કાર્ય કરે છે.

૮. સલ્ફર ટ્રાયોકસાઈડ (SO_3). સલ્ફર ટ્રાયોકસાઈડ એટલે સલ્ફર ડાયોકસાઈડથી વધુ ઑકિસજન ધરાવતો ઑકસાઈડ. એ સામાન્ય રીતે સલ્ફર ડાયોકસાઈડની સાથે ઑકિસજનના સીધા સયોગથી પેદા થતો નથી. એને પેદા કરવાને માટે સલ્ફર ડાયોકસાઈડ અને ઑકિસજન વાયુને ભેળા કરીને ખૂબ ગરમ કરેલા પ્લૅટિનમના સૂક્ષ્મ રજકણો ભળેલા હોય તેવા ઍસ્બેસ્ટોસ (platinized asbestos) ઉપર થઈને પસાર કરવામાં આવે તો એ બન્ને વાયુ સંયોજિત થાય છે અને સલ્ફર ટ્રાયોકસાઈડ પેદા થાય છે.



$$2\,SO_2 + O_2 = 2\,SO_3$$

એ પદાર્થ પાણીમાં ઝટ ઓગળી જાય છે અને તેમાંથી સલ્ફ્યુરિક પેદા થાય છે.



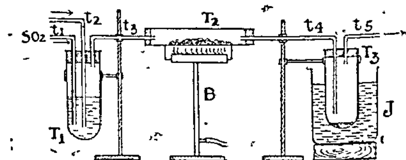
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

ઉપરના સંયોગમાં પ્લૅટિનમ માત્ર ઉદ્દીપક વસ્તુ (catalytic agent or catalyser) તરીકે કામ કરે છે અને રાસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લેતું નથી.

સલ્ફર ટ્રાયૉકસાઇડનો ઉપયોગ માત્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તૈયાર કરવામાં થાય છે. એને હવામાં ખુલ્લો રાખીએ તો તેમાંથી સફેદ બાફ (fumes) નીકળે છે. એ પદાર્થ ઓછાં ટૅમ્પરેચરે સ્ફટિક આકારનો ઘન હોય છે.

૯. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ—ગંધકનો તેજાબ (**Sulphuric Acid, H_2SO_4**). પ્રયોગ:—આકૃતિ (૪૦) માં બતાવ્યા મુજબ એક T_1 નળીમાં જલદ ગંધકનો તેજાબ રાખી તેમાં રૂએ તેમ t_1 અને t_2 નળી રાખો. t_1 માંથી સલ્ફર ડાયૉકસાઇડ આવે છે અને t_2 માંથી ચોખ્ખો ઑક્સિજન આવે છે. (આ t_1 નળીને સલ્ફર ડાયૉકસાઇડ તૈયાર થાય તે બરણીની વિમોચન નળી સાથે અને t_2 ને ઑક્સિજન પેદા થાય તે વાસણની વિમોચન નળી સાથે જોડવામાં આવે છે.) T_1 માં બધો ભેજ શોષાઈ જાય છે અને બન્ને વાયુનું મિશ્રણ T_3 નળી દ્વારા પહોળી સખત અને કાચની T_2 નળીમાંથી

આકૃતિ ૪૦.



પસાર થાય છે. T_2 નળીમાં પ્લેટિનાઇઝ્ડ ઍસ્બેસ્ટોસ રાખીને સાધારણ ગરમ (૩૫૦° સે. થી ઓછાં ટેમ્પરેચરે) કરવામાં આવે છે. અહીં એ બન્ને વાયુનું પ્લેટિનમની હાજરીમાં સંયોજન થાય છે. એ સંયોજનની વરાળ T_3 નળીમાં ઠંડી પડે છે. T_3 નળીને બરફવાળાં પાણીમાં J વાસણમાં રાખેલી છે. જો એ વાયુમાં ભેજ ન હોય તો સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડના સોય આકારના સ્ફટિકો T_3 નળીમાં બાઝશે. જો ભેજ હોય તો ઝાંખા નારંગી રંગનું પ્રવાહી ભેગું થશે.

આ સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડના સ્ફટિકો પાણીમાં નાંખવાથી ખૂબ અવાજ કરી ઓગળે છે અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ પેદા કરે છે.

આ જાતના સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તૈયાર કરવાના પ્રકારને સંયોગ પદ્ધતિ (contact process) કહેવામાં આવે છે. બીજી પદ્ધતિને ચેમ્બર પદ્ધતિ (chamber process) કહેવામાં આવે છે. એમાં સીસાંના પતરાંની દીવાલ વાળા ઓરડામાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ, પાણીની વરાળ અને નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ વાયુઓ દાખલ કરવામાં આવે છે. નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડની હાજરીમાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડનો સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ બને છે.

૧૦. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ગુણધર્મો. એ એક જલદ (corrosive) ઍસિડ છે. દેખાવે જાણે તેલ હોય તેવો લાગે છે. ઘણા જ જલદ ઍસિડમાં માત્ર ૨ થી ૩ ટકા પાણી હોય છે. જલદ ઍસિડ પાણીથી લગભગ બમણો ભારે હોય છે.

એ ઍસિડમાં ભૂરું લિટમસ રાતું થાય છે, એનો સ્વાદ ખાટો છે, એ ઘણો જલદ છે, અને કપડાને તથા બીજા વનસ્પતિ-જન્ય પદાર્થોને બાળી નાંખે છે, કાગળ, ખાંડ, લાકડું વગેરે ઉપર પડે તો તે સર્વે કાળાં પડી જાય છે.

સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ પાણીમાં ઘણો જ દ્રાવ્ય છે, એટલું જ નહિ પરંતુ એ ભેજશોષક (hygroscopic) તેમજ ભેજદ્રાવક (deliquescent) છે. આથી જે વાયુઓ એની સાથે ક્રિયા ન કરતા હોય તેમને ભેજ વિમુક્ત કરવામાં આ ઍસિડનો ઉપયોગ

થાય છે. ઘણા ભીનાં રસાયણોને બંધ વાસણમાં મૂકી એક વાડકીમાં આ એસિડને તેની બાજુમાં રાખવામાં આવે છે અને તેથી થોડા વખતમાં તેમાંનો ભેજ એસિડ લઈ લે છે.

(પાણીમાં ઘણો દ્રાવ્ય હોવાથી આ એસિડનાં વત્તાંઓછાં પ્રમાણનાં જલદ અને મંદ દ્રાવણો બનાવવામાં આવે છે. જ્યારે એ એસિડ પાણીમાં ઓગળે છે ત્યારે ખૂબ ગરમી બહાર પડે છે. આથી આ એસિડને પાણીમાં ભેળતી વખતે બહુ કાળજી રાખવી જોઈએ એ એસિડ ભારે હોવાથી પ્રથમ વાસણમાં પાણી લઈને ધીમેધીમે એસિડ ઉમેરી પાણીને હલાવતા જવું નહિતર કદાચ વાસણ તૂટી જવાનો સંભવ રહે છે.)

ઘણીખરી ધાતુ ઉપર મંદ એસિડની ક્રિયા થઈને ઑક્સિજન નીકળે છે. જલદ એસિડની ધાતુ ઉપર ક્રિયા થવાથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ પેદા થાય છે. હાઈડ્રોક્સાઈડ અને બેઈઝ સાથે ભળવાથી શિથિલીકરણ (neutralisation) થાય છે.

૧૧. સલ્ફ્યુરિક એસિડના ઉપયોગ. બીજા કોઈ પણ એસિડ કરતાં આ એસિડનો ઉદ્યોગમાં સૌથી બહોળો ઉપયોગ થાય છે. હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડ, નાઈટ્રિક એસિડ, સોડિયમ કાર્બોનેટ (ધોવાનો સોડા ખાર) વગેરે બનાવવા, પેટ્રોલિયમના શુદ્ધિકરણ માટે, કોલટારમાંથી રંગો બનાવવા, ઘણાં બનાવટી ખાતરો તૈયાર કરવાં, એવા અનેક ઉદ્યોગોમાં એ ઉપયોગમાં આવે છે.

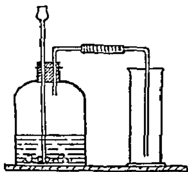
૧૨. સલ્ફેટ્સ (**Sulphates**). મોરથુથું (કૉપર સલ્ફેટ $CuSO_4$) ઝેરી છે. એનો દવામાં જંતુનાશક તરીકે અને રંગવાના કામમાં ઉપયોગ થાય છે. ખાપરિયું $ZnSO_4$ બહુજ થોડા પ્રમાણમાં આંજવાથી આંખના રોગો સારા થાય છે. કેલ્સિયમ સલ્ફેટ ($CaSO_4$) નો ઉપયોગ ખાતર તરીકે થાય છે. એ કુદરતી અવસ્થામાં પણ મળી આવે છે. એના સ્ફટિકને ગરમ કરી અંદરથી થોડું પાણી ઉડાડી દેવાથી એનું પ્લાસ્ટર ઑફ પેરિસ નામનો

સિમેન્ટ જેવો પદાર્થ બને છે. હિરાકસી (ફેરસ સલ્ફેટ, $FeSO_4$) નો ઉપયોગ શાહી બનાવવામાં તેમજ કપડાં રંગવામાં થાય છે. વિલાયતિ મીઠા (ઈપ્સમ સૉલ્ટ, $MgSO_4$) નો, ઉપયોગ રેચ લેવામાં થાય છે. ગ્લોબર્સ સૉલ્ટ–સોડિયમ સલ્ફેટ (Na_2SO_4) નો દવામાં ઉપયોગ થાય છે.

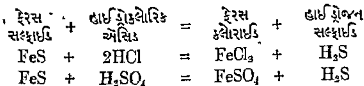
૧૩. સલ્ફ્યુરેટેડ હાઈડ્રોજન (હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ) **(Sulphuretted Hydrogen or Hydrogen Sulphide).** હાઈડ્રોજન અને ગંધકની વરાળને એક લાલચોળ ગરમ નળીમાં છિદ્રાળુ પદાર્થ રાખીને પસાર કરવામાં આવે તો તે બન્ને સંયોજિત થાય છે અને તેમાંથી હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ વાયુ (H_2S) પેદા થાય છે.

પ્રયોગશાળામાં એ વાયુને નીચે મુજબ મેળવવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૪૧.



પ્રયોગ:—લોખંડ અને સલ્ફરને તપાવવાથી ફેરસ સલ્ફાઈડ (FeS) નામનું જે સંયોજન થાય છે તેને આકૃતિ (૪૧) માં બતાવ્યા મુજબ એક બરણીમાં રાખો. તેના ઉપર ગળણીવાળી નળીમાંથી મંદ સલ્ફ્યુરિક અથવા હાઈડ્રોક્લોરિક તેજાબ રેડો. એમાંથી જે વાયુ નીકળે તેને બાજુના નળાકારમાં ભેગો કરો. એમાં નીચે મુજબ ક્રિયા થાય છે.



ફેરસ સલ્ફાઈડ + હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડ = ફેરસ ક્લોરાઈડ + હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ

$$FeS + 2HCl = FeCl_3 + H_2S$$

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

૧૪. હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ વાયુના ગુણધર્મો અને ઉપયોગો.

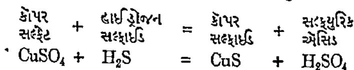
(૧) એ વાયુની ગંધ તપાસો, (૨) એ પાણીમાં દ્રાવ્ય છે કે કેમ ?

(૩) એનો રંગ કેવો છે ? (૪) એ વાયુની બરણીમાં લેડ ઍસિટેટ નામના ક્ષારનાં દ્રાવણમાં ભીંજવેલું સફેદ બ્લૉટિંગ નાંખો; તેના ઉપર કેવો ફેરફાર થાય છે ? અને (૫) એ વાયુ હવામાં બળે છે કે કેમ ?

આ વાયુની સડેલાં ઇંડા જેવી વિશિષ્ટ અને અપ્રિય વાસ હોય છે. એનો રંગ હોતો નથી. એ પાણીમાં દ્રાવ્ય છે. એમાં લેડ ઍસિટેટથી ભીંજવેલું કાગળ નાંખતાં તે કાળું પડી જાય છે. આ ક્રિયા બીજા કોઈ વાયુમાં થતી ન હોવાથી આ વાયુને ઓળખવા માટે આ એક ઉપાય છે.

ઘણા ક્ષારોનાં દ્રાવણમાં આ વાયુને પસાર કરવાથી તેમના સલ્ફાઈડ બને છે અને તે ક્ષારો અદ્રાવ્ય હોવાથી ભેળરૂપે (precipitate) દ્રાવણમાં છૂટા પડે છે. આ પ્રકારે ઘણા ધાતુનાં તત્ત્વની ઓળખને માટે પ્રયોગશાળામાં આ વાયુ ઘણા પ્રમાણમાં વપરાય છે.

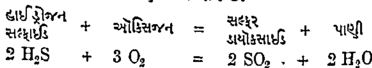
આ વાયુ ઝેરી છે અને લાંબો વખત એની ગંધ લેવાથી માથું દુઃખે છે, એટલું જ નહિ પરંતુ લાંબે વખતે મૃત્યુ પણ થાય છે.


કૉપર સલ્ફેટ + હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ = કૉપર સલ્ફાઈડ + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ

$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

આ પ્રમાણે ઘણા ધાતુની ક્રિયા થઈને સલ્ફાઈડ ક્ષારો બહાર પડે છે.

એ વાયુ હવામાં સળગે છે અને બળી શકે છે. એ ક્રિયામાંથી સલ્ફર ડાયોકસાઈડ અને પાણી પેદા થાય છે.


હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ + ઑક્સિજન = સલ્ફર ડાયોકસાઈડ + પાણી

$$2\,H_2S + 3\,O_2 = 2\,SO_2 + 2\,H_2O$$

સાર

૧. ગંધક અનેક ઠેકાણે મળી આવે છે. એના મુખ્ય સ્વરૂપો નીચે પ્રમાણે છે; લાકડિયો ગંધક (rolled sulphur), અષ્ટકોણુ અને સોય આકારના બે સ્ફટિક સ્વરૂપો છે; ફૂલગંધક (flowers of sulphur) અને આકારદ ગંધક (plastic sulphur) એ બે અસ્ફટિક સ્વરૂપો છે.

૨. ગંધકને બાળવાથી સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ (SO_2) પેદા થાય છે. એ વાયુ પાણીમાં ઓગળીને એસિડ રૂપ દ્રાવણુ બનાવે છે, હવાથી ભારે છે, વસ્તુના રંગને ઊડાડે (વિરંજન) કરે છે અને ગંધમાં તીવ્ર છે. એ વાયુમાં ઉદ્દિપક વસ્તુ સાથે ઓક્સિજનને ભેળવાથી સલ્ફર ટ્રાયોક્સાઇડ (SO_3) પેદા થાય છે અને તેને પાણીમાં ઓગળતાં સલ્ફ્યુરિક એસિડ (H_2SO_4) પેદા થાય છે.

૩. સલ્ફ્યુરિક એસિડ અનેક ઉદ્યોગોમાં કામ આવે છે. ઘણીખરી ઉદ્ભિજ વસ્તુને બાળીને તેનો કોલસો બનાવે છે. ધાતુ સાથે સલ્ફ્યુરિક એસિડ ભેળવાથી હાઈડ્રોજન નીકળે છે અને ધાતુના સલ્ફેટ બને છે. કેટલાક સલ્ફેટ દવામાં ઉપયોગી થાય છે. હાઈડ્રોજનના સંયોજનવાળો સલ્ફ્યુરેટેડ હાઈડ્રોજન (H_2S) ગેસ બને છે, તે રાસાયણિક વસ્તુનાં પૃથક્કરણ કાર્યમાં ખૂબ ઉપયોગમાં આવે છે.

પ્રશ્નો

(૧) ગંધકનાં જુદાંજુદાં સ્વરૂપો વિષે ટૂંક નોંધ લખો.

(૨) સલ્ફર ડાયોક્સાઇડમાંથી સલ્ફર ટ્રાયોક્સાઇડ કેમ મેળવશો ? બન્નેને પાણીમાં ઓગળવાથી કયાં દ્રાવણુ ઉત્પન્ન થશે ?

(૩) સલ્ફ્યુરિક એસિડના ઉપયોગ અને ગુણધર્મો વર્ણવો.

(૪) સલ્ફાઇડસ અને સલ્ફેટસનાં નામ આપો.

(૫) સલ્ફાઇડસમાંથી હાઈડ્રોજન સલ્ફાઇડ વાયુ કેમ મેળવશો ? એ વાયુના ગુણધર્મો વર્ણવો.

પ્રકરણ ૧૪

ફૉસ્ફરસ (Phosphorus)

૧. **ફૉસ્ફરસના સ્વરૂપો અને ગુણધર્મો.** ફૉસ્ફરસ એ કાર્બન અને સલ્ફરના જેવો જ પદાર્થ છે અને એ પણ વિવિધરૂપ (allotropic) સ્વરૂપમાં મળી આવે છે, અને કુદરતી ફૉસ્ફરસ છૂટો મળી આવતો નથી. પ્રાણીમાત્રનાં હાડકામાં કેલ્સિયમ ફૉસ્ફેટ-રૂપે ફૉસ્ફરસ મેળવવામાં આવે છે.

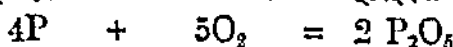
ફૉસ્ફરસના બે સ્વરૂપ છે: (૧) પીળો ફૉસ્ફરસ અને (૨) રાતો ફૉસ્ફરસ. પીળા ફૉસ્ફરસને હવા વગરનાં બંધ વાસણમાં ૩૫૦° સે. થી વધુ તપાવીએ તો રાતો ફૉસ્ફરસ તૈયાર થશે.

રાતાં અને પીળા ફૉસ્ફરસની તુલના

રાતો ફૉસ્ફરસ	પીળો ફૉસ્ફરસ
૧. પાણીમાં દ્રાવ્ય નથી.	૧. પાણીમાં દ્રાવ્ય નથી.
૨. બાળવાથી P_2O_5 બને છે.	૨. બાળવાથી P_2O_5 બને છે.
૩. રંગે લાલ હોય છે.	૩. રંગે પીળો હોય છે.
૪. કાર્બન ડાઈસલ્ફાઈડમાં ઓગળતો નથી.	૪. કાર્બન ડાઈસલ્ફાઈડમાં ઓગળે છે.
૫. સ્વાદ અને ગંધ વગરનો.	૫. લસણિયા ગંધવાળો.
૬. ઝેરી નથી.	૬. ઝેરી છે.
૭. પાણીમાં રાખવામાં આવતો નથી; કારણ કે સામાન્ય ઉષ્ણતાએ સળગતો નથી.	૭. પાણીમાં રાખવામાં આવે છે, કારણ કે સામાન્ય ઉષ્ણતાએ સળગી જાય છે.
૮. અંધારામાં ચળકાટ આપતો નથી.	૮. અંધારામાં ચમકે છે.

બન્ને જાતના ફૉસ્ફરસ હવામાં બળવાથી પેન્ટોક્સાઈડ પેદા થાય છે.

ફૉસ્ફરસ + ઑક્સિજન = ફૉસ્ફરસ પેન્ટોક્સાઈડ



$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

પાણીમાં એ પદાર્થ ઓગાળવાથી જે દ્રાવણ ઉત્પન્ન થાય તેને ફૉસ્ફૉરિક (phosphoric) ઍસિડ કહેવામાં આવે છે, અને ભૂરાં લિટમસને રાતું બનાવે છે, એ ભેજશોષક પદાર્થ છે, અને ઘણા પદાર્થોને ભેજ વિમુક્ત કરવામાં વપરાય છે.

૨. ફૉસ્ફરસનો ઉપયોગ. ફૉસ્ફરસનો મુખ્ય ઉપયોગ દીવાસળી બનાવવામાં થતો હતો. ફૉસ્ફરસ વાપરી જે દીવાસળી બનાવાતી તેને લ્યુસિફર અથવા ઘર્ષણ (lucifer or friction) દીવાસળી કહેવામાં આવતી, કારણ કે એ દીવાસળીને ગમે ત્યાં ઘસવાથી સળગી ઉઠતી. લાકડાંની સળીને છેડે ગંધક અને મીણનું મિશ્રણ લગાવી સૂકાયા પછી એ અણીને પીળા ફૉસ્ફરસ, પોટાશિયમ કલોરેટ્ અને ગુંદરનાં મિશ્રણમાં બોળીને સૂકવવામાં આવતી. એ સળીને ઘસવાથી જે ગરમી ઉત્પન્ન થાય તેથી પ્રથમ ફૉસ્ફરસ સળગી ઊઠતો અને તેને લીધે ગંધક બળવા લાગવાથી લાકડાંની અણી સળગી જતી. પીળો ફૉસ્ફરસ ઝેરી હોવાથી હવે એની દીવાસળીને બદલે સેફ્ટી દીવાસળી (safety matches) ઉપયોગમાં આવે છે.

૩. સેફ્ટી મેચિસ (Safety Matches). સેફ્ટી દીવાસળીમાં લાકડાંની સળી ઉપર બિલકુલ ફૉસ્ફરસ હોતો નથી અને ગંધક બિલકુલ વપરાતો નથી, પરંતુ જે કાગળના પત્તાં ઉપર એ દીવાસળીને ઘસીએ તેના ઉપર જ ફૉસ્ફરસવાળું મિશ્રણ લગાડેલું હોય છે. લાકડાંની સળી ઉપર પોટાસિયમ કલોરેટ્, ઍન્ટિમની ડાઈસલ્ફાઈડ અને ગુંદરનું મિશ્રણ લગાડવામાં આવે છે. એ દીવાસળીના છેડાને એક કાગળ ઉપર રાતો ફૉસ્ફરસ ગુંદર અને કાચના ભૂકાનાં મિશ્રણનો થર લગાવેલો હોય તેની ઉપર ઘસવામાં આવે છે. કાચનો ભૂકો માત્ર ઘર્ષણ વધારવામાં જ ઉપયોગી થાય

છે. આનો ખાસ ફાયદો એ છે કે ગમે ત્યાં ઘસવાથી એ દીવાસળી સળગી જતી નથી, અને રાતો ફૉસ્ફરસ ઝેરી ન હોવાથી બીજો કોઈ ભય રહેતો નથી. ખાસ કરીને પીળા ફૉસ્ફરસની દીવાસળી બનાવે તે કારખાનાના માણસોને ઝેરની અસર થાય છે. આવા અનેક કારણથી અત્યારે સેફ્ટી (safety) દીવાસળી જ વપરાય છે.

એ સિવાય ફૉસ્ફરસને ફૉસ્ફેટ રૂપે ખાતર તરીકે વાપરવામાં આવે છે. દવામા ફૉસ્ફરસનો બહુ બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

સાર

૧ ફૉસ્ફરસ હાડકામા કેલ્સિયમ ફૉસ્ફેટ રૂપે મળી આવે છે. ફૉસ્ફરસ પીળો અને રાતો હોય છે પીળા ફૉસ્ફરસને હવા વગરનાં વાસણમા ખૂબ તપાવવાથી રાતો ફૉસ્ફરસ તૈયાર થાય છે.

૨ રાતો ફૉસ્ફરસ હવામા ઝટ સળગી જતો નથી, ભૂકારૂપ છે અને કાર્બન ડાઈસલ્ફાઈડમા ઓગળતો નથી પીળાના ગુણધર્મો એથી ઊલટા છે. બન્ને હવામા બળે ત્યારે ફૉસ્ફરસ પેન્ટોક્સાઈડ પેદા થાય છે.

૩. ફૉસ્ફેટનો ઉપયોગ ખાતરમાં થાય છે. ફૉસ્ફરસનો દીવાસળી બનાવવામાં ઉપયોગ થતો હતો દીવાસળીની સળી ઉપર પોટાસિયમ કલોરેટ, એન્ટિમની ડાઇસલ્ફાઈડ અને ગુંદર લગાડવામા આવે છે પત્તા ઉપર રાતો ફૉસ્ફરસ, ગુંદર અને કાચનો ભૂકો લગાડવામા આવે છે

પ્રશ્નો

(૧) ફૉસ્ફરસના બે સ્વરૂપની સરખામણી કરો ફૉસ્ફરસના ઉપયોગ લખો.

(૨) ફૉસ્ફરસ બળે છે ત્યારે કયો પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે? એ પદાર્થના ઉપયોગો અને ગુણધર્મો વર્ણવો

(૩) લ્યુસિફર અને સેફ્ટી મેચ (દીવાસળી) કેમ તૈયાર કરવામાં આવે છે? હાલમા સેફ્ટી મેચ ઉપયોગમા લેવાય છે એનું કારણ શું?

પ્રકરણ ૧૫

સિલીકન (Silicon)

૧. સિલીકા (Silica). સિલીકન તત્ત્વ સ્વતઃ મળી આવતું નથી પરંતુ ઑક્સાઈડ રૂપે મળે છે. સિલીકન ઑક્સાઈડને સિલીકા કહેવામાં આવે છે. રેતી, માટી, પાષાણ અને ચકમક વગેરે વત્તાં-ઓછાં પ્રમાણમાં બીજા ભેળવાળાં સિલીકા જ છે. રેતીનો કાળાશ પડતો રંગ લોખંડના ઑક્સાઈડના ભેળને લીધે હોય છે. પૃથ્વીના ઘન જમીનના પડમાં $\frac{1}{4}$ ભાગ સિલીકન તત્ત્વનો છે. સિલીકાને ખૂબ ગરમ કરીએ તો પ્રવાહી બને છે. રેતીનો ઉપયોગ કાચ બનાવવામાં અને રસ્તા બનાવવામાં થાય છે.

સિલીકાનો ધાતુ જોડે સંયોગ થાય ત્યારે સિલીકેટ બને છે. સિલીકા અને સોડિયમ કાર્બોનેટને ખૂબ તપાવીએ તો જળકાચ (water-glass) અથવા સોડિયમ સિલીકેટ નામનો પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે. આ પદાર્થનું દ્રાવણ ઇંડાંને રક્ષવા માટે વાપરવામાં આવે છે, અને લાકડાં ઉપર એનો લેપ લગાડવાથી એકાએક સળગી જતાં અટકે છે. સિલીકાનો મુખ્ય ઉપયોગ કાચ બનાવવામાં થાય છે. રાસાયણિક બગીચો (chemical garden) બનાવવામાં પણ સોડિયમ સિલીકેટનાં દ્રાવણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. સિલીકન માત્ર હાઈડ્રોફ્લોરિક એસિડમાં ઓગળે છે.

૨. સિલીકેટ્સ અને કાચ. કાચની રેતીને સોડિયમ કાર્બોનેટ (વૉશીંગ સોડા) અને ચૂનાના પથ્થર (કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ) જોડે ખૂબ તપાવવામાં આવે ત્યારે સોડિયમ કૅલ્સિયમ સિલીકેટનું મિશ્રણ બને છે. એ મિશ્રણને કાચ કહેવામાં છે.

(૧) બારીનો કાચ (window glass):—રેતી, સોડાખાર (સોડિયમ કાર્બોનેટ) અને ચૂનાનાં મિશ્રણને ખાસ ભઠ્ઠીમાં નાંખીને ખૂબ ગરમી આપવામાં આવે છે. એ મિશ્રણ પીગળે છે અને તેને 'સોડિયમ–કેલ્સિયમ સિલિકેટ' કહેવામાં આવે છે. આ પીગળેલા કાચને બીબાંમાં રેડવામાં આવે છે અને તૈયાર થયેલી વસ્તુને યોગ્ય ટેમ્પરેચરે ધીમેધીમે ઠંડી પાડવામાં આવે છે. આથી તે બરડ થઈ જતી નથી. હાઈડ્રોફ્લોરિક તેજાબમાં (H F) આ કાચ દ્રાવ્ય છે. પાણી અને બીજા તેજાબમાં તે અદ્રાવ્ય છે.

(૨) પોટાશ કાચ (potash glass):—ક્વોર્ટ્ઝ, પોટાસિયમ કાર્બોનેટ અને ચૂનાનાં મિશ્રણને ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરવાથી અમુક ઉષ્ણતાએ તે સર્વ પીગળે છે. અને 'પોટાસિયમ કેલ્સિયમ સિલીકેટ' કહેવામાં આવે છે. આ સારી જાતનો કાચ હોય છે. કાચનાં સાહિત્યો બનાવવામાં એનો ખૂબ ઉપયોગ થાય છે.

(૩) ફ્લિન્ટ કાચ (flint glass):—લેડ ઓક્સાઈડ, પોટાસિયમ કાર્બોનેટ એને ફ્લિન્ટના ભૂકાને ભસ્મ કરવાથી તે પીગળે છે. એને 'લેડ પોટાસિયમ સિલીકેટ' કહેવામાં આવે છે. આ પણ ઊંચી જાતનો કાચ હોય છે. કૃત્રિમ ઝવેરાત તેમજ બીજાં કાચનાં ઊંચા સાહિત્યો બનાવવામાં આ કાચ વપરાય છે.

કાચના પીગળેલા રસમાં કાર્બોનેટ કે ઓકસાઈડ નાંખવાથી રંગીન કાચ બને છે. ક્રોમિયમ ઓકસાઈડ નાંખવાથી લીલો કાચ બને છે, અને આયર્ન ઑકસાઈડ નાંખવાથી લાલ કાચ બને છે.

૩. માટી અને ઈંટ (Clay and Brick). ચીકણી માટી (clay) ખડકો ઉપર ઉષ્ણતા અને હવામાંના કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુની અસરથી તૈયાર થાય છે. એમાં લોખંડનો ઓકસાઈડ, ચૂનાનો પથ્થર, રેતી અને ઍલ્યુમિનિયમ સિલીકેટ હોય છે. માટી

અનેક પ્રકારની હોય છે. કેટલીક માટીમાં વનસ્પતિના અવશેષ ભળવાથી કાળી પડી ગયેલી હોય છે. કેટલીક માટીમાં ધાતુના ઑક્સાઇડ ભળવાથી રંગિત બને છે. માટીને ભીંજવીને ગમે તે ઘાટ બનાવી શકાય છે, અને સૂકાયા પછી તે જ ઘાટ રહેતા હોવાથી વાસણ, નળિયાં, ઈંટ વગેરે બનાવવામાં માટીનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે. કેઓલિન (kaolin) નામની ચોખ્ખી માટીમાંથી પોર્સેલેન (porcelain) અથવા ચાઈના ગ્લાસનાં વાસણો બને છે. ધાતુ કરતાં પોર્સેલેન મંદ ઉષ્ણતાવાહક હોવાથી ગરમ વસ્તુને એમાં રાખવાથી લાંબો વખત ગરમ રહે છે અને ચા કે એવું ગરમ પીણું પીતી વખતે હાથ કે હોઠ દાઝી જતા નથી. પોર્સેલેનનું વાસણ છિદ્રાળુ હોય છે, એટલે એના ઉપર લેડના ઑક્સાઇડ (સફેદ કે રાતું સીસું) અને મીઠાંનો ભેળ કરી ઢોળ આપવામાં આવે છે.

૪. ક્વૉર્ટ્ઝ (Quartz). ક્વૉર્ટ્ઝ એક જાતનો જમીનનાં પડમાં ખૂબ દબાઈ જઈને ઉત્પન્ન થયેલો સિલીકાનો પથ્થર છે. એ પારદર્શક સ્ફટિકરૂપ પાષાણ છે. એ ઘણો જ સખત પદાર્થ છે અને પાણી કે ઍસિડમાં ઓગળતો નથી. પ્રકાશનાં ઘણાખરાં અને ખાસ કરીને જાંબલી અને પારજાંબલી (violet and ultraviolet) કિરણો એમાંથી પસાર થઈ શકે છે. સાધારણ કાચ પારજાંબલી કિરણોને પસાર કરતાં નથી. આથી ક્વૉર્ટ્ઝનો ઉપયોગ કેમેરા તેમજ ચશ્મા માટે કિંમતી લેન્સ (lens) બનાવવામાં થાય છે.

સાર

૧. રેતી અને માટીમાં સિલીકનનો ભાગ મુખ્ય હોય છે. રેતીનો ઉપયોગ ઈમારત બાંધવામાં, રસ્તા બનાવવામાં વગેરેમાં થાય છે.

૨. સિલીકનનો મુખ્ય ઉપયોગ કાચ બનાવવામાં થાય છે. સિલીકાની રેતીને સોડિયમ કાર્બોનેટ અને ચૂનાના પથ્થર સાથે તપાવવામાં આવે

કાચ બને છે. કાચ ત્રણ જાતના હોય છે; (૧) બારીનો કાચ સામાન્ય કાચ હોય છે; (૨) પોટાશ કાચ ક્વૉર્ટ્ઝ, પોટાસિયમ કાર્બોનેટ અને ચૂનાના મિશ્રણને તપાવવાથી મળે છે; અને (૩) ફ્લિંટ ગ્લાસ લેડ ઓક્સાઇડ, ફ્લિંટ અને પોટાસ કાર્બોનેટને ભેળીને તપાવવાથી ઉત્પન્ન થાય છે.

૩, માટી અને રેતિમાં સિલિકન તત્ત્વ હોય છે. પોર્સલેન માટીમાંથી કપરકાબી તૈયાર થાય છે. ક્વૉર્ટ્ઝ નામનો સિલીકાનો પથ્થર કિંમતી હોય છે અને કેમેરાના તથા ચસમાના લેન્સ તેમજ વિજ્ઞાનના સાહિત્ય બનાવવામાં થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) સિલીકા એટલે શું? સિલીકાનો ઉપયોગ શું?

(૨) જુદા જુદા પ્રકારના કાચ કેમ ઉત્પન્ન થાય છે?

(૩) માટી, ઈંટ, પોર્સલેન, ક્વૉર્ટ્ઝ, રેતી વગેરે ઉપર ટૂંક નોંધ લખો.



પ્રકરણ ૧૬

ધાતુઓ

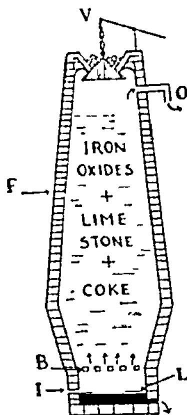
લોખંડ (Iron, Ferrum)

૧. **લોખંડની નીપજ.** લોખંડ ધાતુ ઘણા જૂના કાળથી મનુષ્યે શોધીને ઉપયોગમાં લીધી હતી. હિંદુસ્થાનમાં અનેક જગ્યાએ લોખંડ મળી આવે છે, જેમાં જમશેદપૂર અથવા ટાટાનગર મુખ્ય છે. ઓરીસામાં શીંગભૂમ પ્રદેશમાં અને મધ્ય પ્રાન્તમાં ચંદા ડીસ્ટ્રીકટમાં લોખંડની કાચી ધાતુ મળી આવે છે.

લોખંડની કાચી ધાતુ ઓક્સાઈડ રૂપે મળે છે તેને મેગ્નેટાઈટ (magnetite) અને હિમેટાઈટ (haemetite or specular iron) કહેવામાં આવે છે; સલ્ફાઈડ રૂપે મળતી કાચી ધાતુને આયર્ન પાઈરાઈટસ (pyrites) કહેવામાં આવે છે; કાર્બોનેટ સ્વરૂપે મળી આવતી કાચી ધાતુને લોખંડનો કાર્બોનેટ (સ્પેથિક આર્યન) તથા લોખંડની માટીનો પથ્થર (clay iron stone) કહેવામાં આવે છે.

૨. **કાચી ધાતુમાંથી લોખંડ છૂટું પાડવાની રીત.** પ્રથમ કાચી ધાતુને ખૂબ તપાવવામાં આવે છે એટલે તેમાંથી ગંધક, પાણી વગેરે વસ્તુ બળીને ઊડી જાય છે, અને કાચી ધાતુ છિદ્રાળુ બને છે. ત્યાર પછી કોક (કોલસી) અને ચૂનાની સાથે લોખડને મોટી ભઠ્ઠીમાં (આકૃતિ ૪૨) સીંચવામાં આવે છે. ભઠ્ઠીમાં લોખંડને એક પ્રવાહી બને ત્યાં સુધી તપાવવામાં આવે છે. ભઠ્ઠીમાં કોલસામાંથી પ્રથમ કાર્બન મોનોકસાઈડ (CO) વાયુ બને છે અને એ વાયુ ભઠ્ઠીમાં ઊંચે ચઢતાં ગરમ લોખંડમાંથી ઓક્સિજન લઈ લે છે અને કાર્બન મોનોકસાઈડનો કાર્બનડાયોકસાઈડ (CO_2) બને છે. લોખંડના ઓકસાઈડમાંથી ઓક્સિજન નીકળી જવાથી લોખંડ ધાતુ છૂટી પડે છે. કાર્બન

આકૃતિ ૪૨.



મોનોક્સાઈડ રિડ્યુસીંગ પદાર્થ તરીકે કામ કરે છે. આવી રીતે ફેરફાર થયેલું લોખંડ પ્રવાહી બનીને ભઠ્ઠીની નીચે ગળવા લાગે છે અને એમાં ફોસ્ફરસ, ગંધક, મેંગેનિઝ, કાર્બન અને સિલીકનનો થોડો ભાગ ભળેલો હોય છે. આ લોખંડનાં પ્રવાહીને મોટા પીપમાં ઠારવામાં આવે છે અને એને પીગ આયર્ન (pig iron) અથવા ભરતર લોખંડ કહેવામાં આવે છે. [આકૃતિ (૪૨) માં F. ભઠ્ઠીની દીવાલ, I. હવા દાખલ થવાનો માર્ગ, B. જેના ઉપર ખનિજ સીંચવામાં આવે તે જાળી, O. હવાને બહાર જવાનો માર્ગ, V. લોખંડના કાચાં ખનિજને ભઠ્ઠીમાં નાંખવાનો વાલ્વ, L. પ્રવાહી લોખંડ, નીચે તીરથી બતાવેલા માર્ગે કાઢી શકાય છે. ભઠ્ઠીમાં હવા રહે તેમ લોખંડના ઑક્સાઈડ ચૂનાના પથ્થર અને કોલસીના થર નાંખવામાં આવે છે.]

૩. **લોખંડના ત્રણ પ્રકાર.** લોખંડના મુખ્ય ત્રણ પ્રકાર છે; (૧) ઘડતર લોખંડ (wrought iron) એ શુદ્ધ પ્રકારનું લોખંડ હોવાથી એને ટીપીને પતરાં બનાવી શકાય છે; અને અનેક પ્રકારના ઘાટ ઘડી શકાય છે, (૨) ભરતર લોખંડ (cast iron); એમાં કાર્બનનું અને બીજાં થોડા તત્ત્વનું પ્રમાણ વધુ હોય છે, એ બરડ છે અને સહેલાઈથી પીગળે છે; એને પીગાળી ઢાળ (casting) પાડવાથી ગમે તે આકારનાં સાધનો તૈયાર કરી શકાય છે.

(૩) પોલાદ (steel); પોલાદ પીગ આયર્નમાંથી તૈયાર કરવામાં આવે છે. ખાસ કરીને કાર્બનનું તત્ત્વ વધારે પ્રમાણમાં હોય છે તેને દૂર કરવું પડે છે, એટલે પીગ આયર્નને ભઠ્ઠીમાં તપાવી ગરમ હવાનો પ્રવાહ પસાર કરવાથી કાર્બનનો મોટો ભાગ બળી જાય છે.

લોખંડના ત્રણે રૂપોનાં ગુણધર્મોની તૂલના

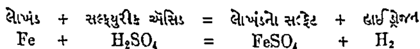
ગુણો	ઘડતર લોખંડ	ભરતર લોખંડ	પોલાદ લોખંડ
કાર્બનનું પ્રમાણ ટકામાં	૯.૧ થી ૧૦.૨	૨.૦ થી ૫.૦	૦.૨ થી ૧.૫
મેલ્ટીંગ પોઈન્ટ m. p.	૧૫૦૦° સે.	૧૨૦૦° સે.	૧૨૦૦° સે. થી ૧૪૦૦° સે.
સાપેક્ષ ઘનતા	૭.૩	૭.૮ થી ૭.૬	૬.૮
સખતપણું	નરમ	સખત	સખત અથવા નરમ બનાવી શકાય છે.
બરડપણું	...	બરડ	...
પાણી ચઢાવવું Tempering	...	...	પાણી ચઢાવી શકાય છે.
ખેંચાણ	તાર ખેંચાય છે	નથી ખેંચાતા	તાર ખેંચાય છે.
લોહચુંબક ધર્મો		અસ્થાયી લોહચુંબક થાય છે.	સ્થાયી લોહચુંબક થાય છે.

૪. કાટ અને ગેલ્વેનાઈઝડ લોખંડ (**Rust and Galvanised Iron**). લોખંડને સહેજ પણ ભીનાશ લાગે કે તરત કટાવા લાગે છે, એટલે કે હવામાંના ઓક્સિજન સાથે સંયોજિત થઈને લોખંડનો ઓકસાઈડ બને છે. આથી લોખંડનું વજન વધે છે. પરંતુ કટાયેલાં લોખંડનું કદ ઘણું વધી જતું હોવાથી એકસરખાં કદનાં લોખંડ અને કાટ લઈએ તો લોખંડ ભારી થશે. લોખંડ સૌથી સસ્તામાં સસ્તી ધાતુ હોવાથી એનો અહોળો ઉપયોગ થાય છે, પરંતુ એના કટાવાના ગુણને લીધે એના પતરાં એમને એમ વાપરી શકાતાં નથી. લોખંડના પતરાંને કટાતાં અટકાવવા માટે

ઝીંક (જસત) નેા ઢાળ આપવામાં આવે છે. આથી અંદરનાં પતરાં ઉપર હવા કે ભેજની અસર થતી નથી. ઝીંક નહિ જેવું જ કટાતું હેાવાથી આ જાતના પતરાંનેા (જેને ગેલ્વેનાઇઝ્ડ કહેવામાં આવે છે) બહુ ઉપયેાગ થાય છે. હવે લેાખંડમાં અમુક પ્રમાણમાં ક્રોમિયમ કે મૅંગેનિઝ ધાતુ મેળવી ન કટાય એવું (stainless) પેાલાદ પણ તૈયાર થાય છે. હાલમાં એવાં પેાલાદનાં ઘર વપરાશનાં વાસણેા પણ મળવા લાગ્યાં છે.

કેરેાસિનના ડબા વગેરેને કલાઈનેા ઢાળ આપવામાં આવે છે. એ પતરાંને ટિન્ડ (tinned) પતરાં કહેવામાં આવે છે. જસતનાં ઢાળવાળાં પતરાં ઘણા લાંબા વખત સુધી જેવાં ને તેવાં રહે છે, જ્યારે ટિન ઉપર હવાની અસર જલદી થવાથી એ પતરાં લાંબેા વખત ઉપયેાગમાં લઈ શકાતાં નથી.

૫. ફેરસ (લેાખંડનેા) સલ્ફેટ (Ferrous Sulphate). લેાખંડ ઉપર સલ્ફ્યુરિક એસિડ નાંખવાથી લેાઢાંનેા લીલા રંગનેા સલ્ફેટ બને છે. એને ગ્રીન વિટ્રિયલ (green vitriol) અથવા હિરાકસી કહે છે.



લેાખંડ + સલ્ફ્યુરીક એસિડ = લેાખંડનેા સલ્ફેટ + હાઈડ્રોજન

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

હિરાકસી રંગમાં, દવામાં અને શાહી તૈયાર કરવામાં વપરાય છે.

તાંબું.

૬. તાંબાની નિપજ. તાંબું અસંયેાજિત (uncombined) અવસ્થામાં મળી આવે છે. એ સિવાય રૂબી ઓર (ઑકસાઈડ રૂપે) કોપર–ગ્લાન્સ (સલ્ફાઈડ રૂપે) અને કોપર પાયરાઈટ્સ (તાંબાના અને લેાઢાના મિશ્ર સલ્ફાઈડ) નામની કાચી ધાતુએા મળી આવે

છે. ઘણા જૂના વખતથી તાંબાની ધાતુ જાણીતી છે. હિંદુસ્થાનમાં બિહાર અને ઓરિસા પરગણામાંથી અને સિક્કીમમાંથી તાંબું મળી આવે છે.

તાંબાના ઑક્સાઇડમાંથી તાંબું મેળવવું હોય તો કાચી ધાતુને કોલસા સાથે ભઠ્ઠીમાં તપાવવામાં આવે છે, અને કાર્બન તાંબાના ઑક્સિજનને લઈ લે છે અને તાંબું છૂટું પડે છે.

૭. તાંબાના ગુણધર્મો અને ઉપયોગો. તાંબુ લાલ રંગની ધાતુ છે. એ ધાતુ ઘણી નરમ છે અને એના ટીપીને પતરાં બનાવી શકાય છે, તેમજ પાતળા તાર પણ ખેંચી શકાય છે. પાણી કરતાં નવગણી ભારે છે. એ ધાતુનું ઉષ્ણતાવાહકપણું અને વિદ્યુતવાહકપણું બીજી ધાતુ કરતાં વિશેષ છે. એટલા માટે તાંબાના તારના દોરડાંનો વિદ્યુતવાહક માટે બહુ જ બહોળો ઉપયોગ થાય છે. એના વાસણ બનાવવાનો ઉપયોગ પણ સારો ચાલે છે. તાંબાના સિક્કા બનાવાય છે, અને સોનાના દાગિના કે ઘરેણા બનાવવામાં સોનાને કઠણ કરવા તાંબું ભેળવામાં આવે છે. તાંબાની સાથે બીજી ધાતુનું મિશ્રણ કરી મિશ્રધાતુ (alloy) ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

૮. મિશ્ર ધાતુઓ (alloys).

મિશ્ર ધાતુનું નામ	મિશ્રણમાં વપરાતી ધાતુ	પ્રમાણ	વિશિષ્ટ ગુણ કે ઉપયોગ
બેલ-મેટલ (Bell-metal)	તાંબું અને કલાઈ	૬:૧	ઘંટ બનાવવા.
પિત્તળ (Brass)	તાંબુ અને જસત	૩:૧	પિળા રંગની ધાતુ તાંબા કરતાં સખ્ત હોવાથી વાસણ બનાવવામાં બહોળો ઉપયોગ.

બ્રાન્ઝ (કાસુ) (Bronze)	તાબુ અને કલાઈ		કટાય નહિ એવા વાસણુ બનાવવા ચલણી સીક્કા બનાવવા
જર્મન સીલ્વર (German Silver)	તાબુ નીકલ અને ઝીંક	...	વાસણુ માટે
ગન-મેટલ (Gun metal)	તાબુ અને કલાઈ	૮ ૧	તોપ બનાવવા

તાબાને ભેજવાળી હવામા રાખવાથી કટાય છે અને હવામાના પાણી અને કાર્બન ડાયોકસાઈડ સાથે સયેાજિત થઈને લીલેા ક્ષાર બનાવે છે આ ક્ષાર ઝેરી હેાય છે તાબાને હવામા ખૂબ ગરમ કરીએ તેા કાળેા તાબાનેા ઑકસાઈડ થાય છે

સાધારણુ જલદ નાઈટ્રિક એસિડને તાબા ઉપર રેડવાથી કોપર નાઈટ્રેટ [$Cu(NO_3)_2$] નામનેા વાદળી ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે હાઈડ્રોક્લેારિક અને મદ (dilute) સલ્ફ્યુરિક એસિડ તાબાને ખાસ અસર કરતેા નથી જલદ સલ્ફ્યુરિક એસિડ સાથે તાબાને ગરમ કરવાથી કૉપર સલ્ફેટ ($CuSO_4$) બને છે અને સલ્ફર ડાયોકસાઈડ વાયુ બહાર પડે છે કૉપર સલ્ફેટ રગે ભૂરેા હેાય છે એને બ્લુ વિટ્રિયલ (blue vitriol) અથવા મેારથુથુ કહેવામા આવે છે મેારથુથુના દ્રાવણુમા જો લેાખડને રાખવામા આવે તેા લેાખડનેા સલ્ફેટ બનશે અને તાબુ છૂટુ પડીને લેાખડ ઉપર વળગી જશે મેારથુથુ (copper sulphate) ઘણું ઝેરી હેાય છે મેારથુથુ સ્ફટિક રૂપે ભૂરા રગનુ હેાય છે, છતા એને ગરમ કરવાથી અંદરનું કેલાસીભવનનું પાણી (water of crystallisation) ઊડી જતા એનેા સફેદ ભૂકેા થઈ જાય છે એ ભૂકામા જો પાછુ પાણી ઉમેરીએ તેા એ પાછુ ભૂરા રગનુ થઈ જાય છે મેારથુથુ દવામા વપરાય છે, અને ડેનિયલ કેાષ (બૅટરી) મા એનુ દ્રાવણુ વાપરવામા આવે છે

ઍલ્યુમિનિયમ (Aluminium)

૯. ઍલ્યુમિનિયમની નીપજ. ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ જમીનમાંથી જુદાજુદા પ્રકારની માટી રૂપે (એટલે કે ઑક્સિજન અને સિલિકનનાં સંયોજન સિલીકેટ્સ રૂપે) પુષ્કળ જથ્થામાં મળી આવે છે. માટીનો ઉપયોગ સિલીકનવાળાં પ્રકરણમાં જોઈ ગયા છીએ. એમિરી, રુબી, એમિથિસ્ટ, સેફાયર, ટ્રૉપેઝ્ વગેરે કિંમતી પથ્થરોમાં ઍલ્યુમિનિયમનું સારું સરખું પ્રમાણ હોય છે. માટીમાંથી પ્રથમ ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઈડ (ઍલ્યુમિના બનાવવામાં આવે છે.) બૉક્ષાઈટ (bauxite) નામના કાચા ખનિજમાં ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઈડ ભળેલો હોય છે. આ ઑક્સાઈડમાંથી ઍલ્યુમિનિયમ વિદ્યુત ભઠ્ઠીમાં છૂટું કરવામાં આવે છે. મદ્રાસમાં સારા જથ્થામાં આ ધાતુ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

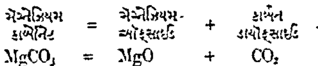
ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ હલકી છે અને જલદ ઉષ્ણતાવાહક હોવાથી રાંધવાનાં વાસણ બનાવવામાં એનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે. વનસ્પતિના અથવા ઉદ્ભિજ ઍસિડની અસર પિત્તળ કે તાંબાનાં વાસણ ઉપર ઘણી થાય અને તેથી એ વાસણોને કલાઈ કરાવવી પડે છે, જ્યારે ઍલ્યુમિનિયમ ઉપર એવી અસર થતી નથી એટલે એ વાસણો એમને એમ વાપરી શકાય છે. મીઠાંવાળી વસ્તુ હોય તો એ ધાતુને અસર થાય છે, પરંતુ એનો કાટ પિત્તળ કે તાંબાના કાટની પેઠે ઝેરી હોતો નથી. ઍલ્યુમિનિયમ અને લોખંડના ઑક્સાઈડના ભૂકાને મિશ્ર કરીને જો સળગાવવામાં આવે તો તે ૨૫૦૦° સે. ઉષ્ણ થાય છે. વેલ્ડિંગ કરવામાં આ મિશ્રણ વપરાય છે અને લડાઈમાં જ્વાલાગ્રાહી બૉંબ (incendiary bombs) તૈયાર કરવામાં પણ આ પદાર્થનો ઉપયોગ થાય છે. એને થર્માઈટ (thermite) કહેવામાં આવે છે.

મૅગ્નેઝિયમ (Magnesium)

૧૨. **મૅગ્નેઝિયમની નીપજ.** મૅગ્નેઝિયમના ક્ષારો અનેક સ્થળે મળી આવે છે, અને ઘણુંખરું કેલ્સિયમ ધાતુનાં સંયોજન સાથે સંયુકત હોય છે. મૅગ્નેઝિયમ કાર્બોનેટ (મૅગ્નેસાઈટ) (magnesite) અને મૅગ્નેઝિયમ અને કેલ્સિયમનો બેવડા કાર્બોનેટ (ડોલોમાઈટ dolomite) માંથી મૅગ્નેઝિયમ મેળવવામાં આવે છે. હાડકામાં પણ કેલ્સિયમ ફૉસ્ફેટની સાથે મૅગ્નેઝિયમ ફૉસ્ફેટ રૂપે ભળેલો હોય છે. સમુદ્રનાં પાણીમાં મૅગ્નેઝિયમ ક્લોરાઈડ ક્ષાર હોય છે, અને એનું વિદ્યુત પૃથક્કરણ (electrolysis) કરવાથી મૅગ્નેઝિયમ ધાતુ છૂટી પડે છે.

મૅગ્નેઝિયમ રૂપાના જેવી સફેદ અને ચકચકિત ધાતુ છે, પરંતુ બહુ હલકી છે. એ ધાતુ સહેલાઈથી બળે છે અને એકદમ ઉજ્જવલ પ્રકાશ આપે છે. આથી દિવાળીના દિવસોમાં બાળકો વિજળીના તારને નામે ઓળખાતી આ ધાતુનો સળિયો બાળે છે. દારૂખાનું બનાવવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે. અંધારામાં ફોટો લેવો હોય તો મૅગ્નેઝિયમ ધાતુનો ભૂકો સળગાવી પ્રકાશ (flash light) પાડવામાં આવે છે.

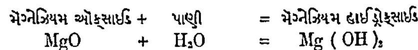
એ ધાતુ બળી જવાથી મૅગ્નેઝિયમ ઑક્સાઈડ (MgO) નો સફેદ ભૂકો મળી આવે છે, એ ભૂકાને પાણીમાં ઓગાળતાં મૅગ્નેઝિયમ હાઈડ્રૉક્સાઈડ બને છે અને એ રાતાં લિટમસને ભૂરું બનાવે છે. મૅગ્નેઝિયમ કાર્બોનેટને ગરમ કરતાં મૅગ્નેઝિયમ ઑક્સાઈડ અને કાર્બન ડાયોક્સાઈડ ઉત્પન્ન થાય છે.



મૅગ્નેઝિયમ કાર્બોનેટ = મૅગ્નેઝિયમ-ઑક્સાઈડ + કાર્બન ડાયોક્સાઈડ

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

અને



મેગ્નેઝિયમ ઓક્સાઈડ + પાણી = મેગ્નેઝિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ

$MgO + H_2O = Mg(OH)_2$

મેગ્નેઝિયમ ઓકસાઈડ અથવા મેગ્નેઝિયમ ધાતુ ઉપર ગંધકનો તેજાબ (સલ્ફ્યુરીક ઍસિડ) નાંખવાથી મેગ્નેઝિયમ સલ્ફેટ ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્ષાર કુદરતી રીતે અને સમુદ્રનાં પાણીમાં પણ કેટલાંક પ્રમાણમાં ભળેલો હોય છે. આ ક્ષારને કડવું મીઠું (bitter salt) અથવા વિલાયતી મીઠું કે ઈપ્સમ સૉલ્ટ (epsom salt) કહેવામાં આવે છે. એ મીઠું રેચક હોવાથી દવા તરીકે એનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

રૂપું (સિલ્વર)

૧૩. રૂપાની નિપજ. આ ધાતુ શુદ્ધ સ્વરૂપમાં અને સિલ્વર સલ્ફાઈડ (સિલ્વર ગ્લાન્સ, Ag_2S) ના ક્ષારમાં મળે છે. મેક્સિકો, પેરૂ, ચિલી, મ્હૈસૂર, મદ્રાસ અને બ્રહ્મદેશમાં એની પુષ્કળ ખાણો છે.

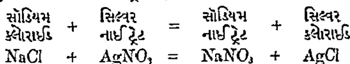
૧૪. ગુણધર્મો અને ઉપયોગો. એ સફેદ, ચકચકતી અને સાધારણ નરમ ધાતુ છે. તાંબાના કરતાં વધુ ઉષ્ણતા અને વિદ્યુત-વાહક છે. એની ઉપર હવાની અસર થતી નથી અને એ લાંબો વખત સુધી કાળી પડતી ન હોવાથી એના ઘરેણાં, સીક્કા વગેરે બનાવવામાં આવે છે. ચલણી સીક્કા બનાવવા એમાં તાંબું મિશ્ર કરવામાં આવે છે, કારણ કે તેમ ન કરવામાં આવે તો રૂપાંનો સીક્કો બહુ નરમ થઈ જાય.

એના ઉપર હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડની અસર થતી નથી, પરંતુ નાઈટ્રિક એસિડમાં એ ઓગળે છે.

સિલ્વર નાઈટ્રેટ — કાડી ખાર ($AgNO_3$):—આ ક્ષાર ચામડી ઉપર લાગે તો ચામડીને બાળી નાંખે છે, પરંતુ એનું બહુ મંદ દ્રાવણ ચામડીને ફાયદાકારક છે. ઘણા ચામડીના રોગ ઉપર એનું દ્રાવણ લગાડવામાં આવે છે. એના ઉપર પ્રકાશ પડે તો તેમાંથી રૂપું છૂટું પડે છે અને તેથી જે વસ્તુ ઉપર એને લગાડ્યું હોય તેના ઉપર કાળા ડાઘ પડે છે. આ ક્ષારનો દવામાં ઘણો ઉપયોગ થાય છે. એ ઉપરાંત ફોટોગ્રાફની પ્લેટ અને કાગળ બનાવવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે.

૧૫. સિલ્વરના હેલાઈડ્સ (**Silver halides**). ક્લોરિન, બ્રોમિન અને આયોડિન સાથે રૂપાના જે ક્ષારો ઉત્પન્ન થાય છે તેને સિલ્વર હેલાઈડ્સ કહેવામાં આવે છે.

કોઈ પણ દ્રાવ્ય ક્ષારમાં ક્લોરિનનું તત્ત્વ છે કે કેમ તે જાણવું હોય તો તેમાં સિલ્વર નાઈટ્રેટ જેવા દ્રાવ્ય ક્ષારનું દ્રાવણ રેડવામાં આવે છે. આથી તેમાં સિલ્વર ક્લોરાઈડ પેદા થાય છે અને એ ક્ષાર અદ્રાવ્ય હોવાથી તરત જ રગડા જેવો સફેદ ભેળ (*white* curdy precipitate) ઉત્પન્ન થાય છે. જો મીઠાનાં દ્રાવણમાં સિલ્વર નાઈટ્રેટ નાંખીએ તો તરત જ આવો ભેળ દેખાઈ આવશે, કારણ કે સોડિયમ નાઈટ્રેટ દ્રાવ્ય છે.



$$NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl$$

સિલ્વર બ્રોમાઈડ ($AgBr$) અને સિલ્વર આયોડાઈડ (AgI) ક્ષારનો ફોટોગ્રાફની પ્લેટ બનાવવામાં ઉપયોગ થાય છે. એ ક્ષારો પ્રકાશગ્રહણપટુ (light sensitive) હોવાથી અંધારામાં એ ક્ષારનો લેપ ફોટોગ્રાફની પ્લેટ ઉપર કરવામાં આવે છે. જ્યારે કેમેરાના લેન્સ વડે એના ઉપર છબીનો પ્રકાશ પડે છે ત્યારે તે

જ્યાએ પ્રકાશના તેજનાં પ્રમાણમાં વત્તોઓછો ક્ષાર વિભક્ત થાય છે. એ ક્ષારને યેાગ્ય રસાયણેાથી ધેાઈને ઋણ-ચિત્ર તૈયાર કરવામાં આવે છે.

પારો (Mercury)

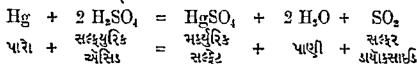
૧૬. પારાની નિપજ. પારો ગંધક સાથે ભળેલો કુદરતી રીતે મળી આવે છે, અને એ ખનિજને ' સીનાબાર (cinnabar)' અથવા પારાનો સલ્ફાઇડ કહેવામાં આવે છે. સ્પેન, ટસ્કની અને દક્ષિણ અમેરિકામાં પારાની ખાણો છે.

પારો દેખાવમાં રૂપા જેવો ચળકતો હોય છે અને સાધારણ ટેમ્પરેચરે પ્રવાહી સ્વરૂપમાં માત્ર એ જ ધાતુ મળી આવે છે. ઘણી ઠંડક આપવાથી પારો ઘન થઈ શકે છે. હવામાં બહુ જ ધીમે પારાનો ઑકસાઇડ બને છે. એની ઘનતા ૧૩.૬ ગ્રા. ઘ. સેમિ છે. પારો -૪૦° સે. એ ઘન થાય છે અને ૩૫૭° સે. એ ઊકળે છે. ૩૧૫° સે. એ હવામાં પારાને તપાવવાથી પારાનો ઑકસાઇડ બને છે. ($2\,Hg + O_2 = 2\,HgO$.) અને પારાના ઑકસાઇડને વધારે ગરમ કરવાથી પાછો પારો છૂટો પડે છે. ($2\,HgO = 2\,Hg + O_2$.)

બૅરોમિટર (વાયુભારમાપક) અને થર્મોમિટર બનાવવામાં પારાનો ખૂબ ઉપયોગ થાય છે. આરસા બનાવવામાં કલાઈ અને પારાનું મિશ્રણ વપરાય છે. પ્રયોગશાળામાં પાણીમાં દ્રાવ્ય ઍમોનિયા અને હાઈડ્રોક્લોરિક વાયુ જેવા વાયુને સ્થળાંતર કરી મેળવવામાં પારો વપરાય છે. પારાના ક્ષારોનો દવામાં બહોળો ઉપયોગ થાય છે, પારાને થોડી માટી સાથે મિશ્રણ કરી અનાજમાં નાંખવાથી જંતુઓ પડતાં નથી. દૂરબિન વડે આકાશનું નિરીક્ષણ કરવા પ્રતિબિંબક (reflector) તરીકે પારાની સ્વચ્છ સપાટીનો આરસારૂપે ઉપયોગ થાય છે.

પારાને બીજી ધાતુ સાથે સહેલાઈથી ભેળીને મિશ્રણ થઈ શકે છે. એ મિશ્રણને એમેલ્ગમ (amalgam) નામ આપવામાં આવે છે, કારણ કે એ સાદાં મિશ્રણ જેવું હોતું નથી પરંતુ કંઈક સંયોજિત રૂપે હોય છે, પરંતુ એ સંયોજન પણ હોતું નથી. પારાનું તાંબા, સોના કે જસતની સાથનું એમેલ્ગમ દાંત પૂરવામાં વપરાય છે.

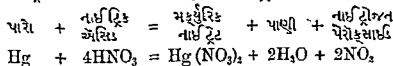
૧૭. પારા ઉપર તેજાબની અસર. પારાનો ગંધકના તેજાબની સાથે સંયોગ થવાથી મર્ક્યુરિક સલ્ફેટ બને છે અને સલ્ફર ડાયોક્સાઈડ વાયુ છૂટો પડે છે.



$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

પારો + સલ્ફ્યુરિક એસિડ = મર્ક્યુરિક સલ્ફેટ + પાણી + સલ્ફર ડાયોક્સાઈડ

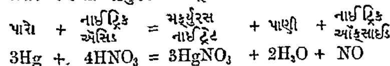
પારાની સાથે ગરમ અને જલદ (hot and concentrated) નાઈટ્રિક એસિડ ભળે તો મર્ક્યુરિક નાઈટ્રેટ ઉત્પન્ન થાય છે.



પારો + નાઈટ્રિક એસિડ = મર્ક્યુરિક નાઈટ્રેટ + પાણી + નાઈટ્રોજન પેરોક્સાઈડ

$$Hg + 4HNO_3 = Hg(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

પારો અને ઠંડા તથા મંદ (cold and dilute) નાઈટ્રિક એસિડ ભળે તો મર્ક્યુરસ નાઈટ્રેટ બને છે.



પારો + નાઈટ્રિક એસિડ = મર્ક્યુરસ નાઈટ્રેટ + પાણી + નાઈટ્રિક ઑક્સાઈડ

$$3Hg + 4HNO_3 = 3HgNO_3 + 2H_2O + NO$$

૧૮. પારાના ક્ષારો. કેલોમલ અથવા મર્ક્યુરસ ક્લોરાઈડ કુદરતી અવસ્થામાં સ્પેનમાં જથ્થાબંધ મળી આવે છે. એક અણુ પારાનો અને એક ક્લોરિનનો મળી કેલોમલ (calomel) અથવા મર્ક્યુરસ ક્લોરાઈડ બને છે. એનો ઉપયોગ જુલાબ તરીકે થાય છે. હિંદમાં એને રસકપૂર અથવા હરિણપારદ કહેવામાં આવે છે. એ

ક્ષાર સફેદ ભૂકારૂપ હોય છે અને પાણી તથા એસિડમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. પારો અને મર્ક્યુરિક કલોરાઈડને તપાવવાથી મર્ક્યુરસ કલોરાઈડ મળે છે ($Hg + HgCl_2 = 2\,HgCl$). આ ક્ષારને તપાવીએ તો તે સબ્લિમેટ (sublimate) થઈને ઊડી જાય છે. એ ક્ષારને જો ગરમ પાણીમાં નાંખીએ તો તેનું રૂપાંતર થઈને મર્ક્યુરિક કલોરાઈડ ($HgCl_2$) બને છે. આ ક્ષાર ઝેરી છે. પારામાં કલોરિન વાયુ પસાર કરવાથી આ ક્ષાર પેદા થાય છે ($Hg_2 + Cl = HgCl_2$) મીઠું અને મર્ક્યુરિક સલ્ફેટનાં મિશ્રણને તપાવવાથી મર્ક્યુરિક કલોરાઈડનો પાસાદાર પદાર્થ બને છે.

સોડિયમ ક્લોરાઈડ મર્ક્યુરિક સલ્ફેટ મર્ક્યુરિક ક્લોરાઈડ સોડિયમ સલ્ફેટ

$$2\,NaCl + HgSO_4 = HgCl_2 + Na_2SO_4$$

આ ક્ષારને હિંદમાં હરિણપારદ કહેવામાં આવે છે. આ ક્ષાર પેટમાં જાય તો ભયંકર રેચ લાગે છે અને તેથી મૃત્યુ નીપજે છે.

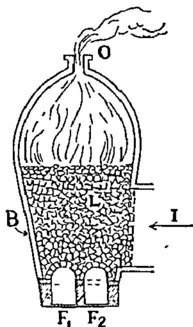
મર્ક્યુરિ સલ્ફાઈડ (HgS) ની કાચી ધાતુ કુદરતી અવસ્થામાં મળી આવે છે. પારો અને ગંધકને ગરમ કરવાથી મર્ક્યુરિ સલ્ફાઈડ (HgS) મળે છે. એને વધારે ગરમ કરવામાં આવે તો પારો છૂટો પડે છે. મર્ક્યુરિ કલોરાઈડ અને સલ્ફ્યુરેટેડ હાઈડ્રોજનને ભેળવવામાં આવે તો રાતો મર્ક્યુરિ સલ્ફાઈડ મળે છે (vermillion) ($HgCl_2 + H_2S = HgS + 2\,HCl$). એને પાછો ગરમ કરવાથી મર્ક્યુરિક સલ્ફાઈડ મળે છે. સ્ત્રીઓ ચાંલ્લો કરવા જે કુંકુમ (હિંગળોક) વાપરે છે તે આ રાતો મર્ક્યુરિક સલ્ફાઈડ જ છે.

કેલ્સિયમ (Calcium)

૧૯. **કેલ્સિયમની નીપજ.** આ ધાતુ એમને એમ મળી આવતી નથી પરંતુ કાર્બોનેટ અને સલ્ફેટ રૂપે મોટા જથ્થામાં મળી આવે છે. આરસપહાણ, પથ્થર, પરવાળાં, ચાક વગેરે સર્વ પદાર્થો

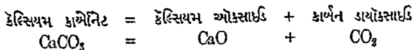
કેલ્સિયમના કાર્બોનેટ છે. કેલ્સિયમ કલોરાઈડ ક્ષારનું વિદ્યુત પૃથક્કરણ કરીને આ ધાતુ છૂટી પાડવામાં આવે છે. એ ધાતુ નરમ રૂપાના જેવી હોય છે અને તપાવવાથી બળવા લાગે છે અને કેલ્સિયમ ઑકસાઈડ (કળી ચૂનો) બને છે.

આકૃતિ ૪૩



૨૦. કળીચૂનો (Quick Lime). કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ (ચૂનાના પથ્થર અથવા ચાકને તપાવવાથી કાર્બન ડાયૉકસાઈડ અને કેલ્સિયમ ઑકસાઈડ ઉત્પન્ન થાય છે.

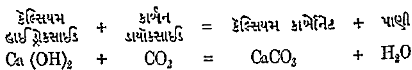
ચૂનાના પથ્થરમાંથી કળીચૂનો (quick lime) પેદા કરવાની રીત આકૃતિ (૪૩) માં બતાવી છે. એમાં F_1 અને F_2 સગડી છે જેમાંથી પ્રથમ બળતણ મૂકી ઉપરની ભઠ્ઠી સળગાવવામાં આવે છે. ચૂનાના પથ્થરો (L) ને વચ્ચે વચ્ચે પાંદડા, ઘાસ વગેરે આછાં બળતણ મૂકીને થર ઉપર થર બનાવવામાં આવે છે. હવા (I) વડે બતાવેલા માર્ગે દાખલ થાય છે. (O) માર્ગે બળેલો વાયુરૂપ પદાર્થ બહાર જાય છે. (B) ભઠ્ઠીની દીવાલ છે.


કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ = કેલ્સિયમ ઑકસાઈડ + કાર્બન ડાયૉકસાઈડ

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

ઉપર દર્શાવેલી રીતથી જે કેલ્સિયમ ઑકસાઈડ (CaO) ઉત્પન્ન થાય છે, તેને કળીચૂનો (lime અથવા quick lime) કહેવામાં આવે છે. એ સફેદ ભૂકારૂપ હોય છે અને પાણીમાં એનું

મિશ્રણ કરવાથી પુષ્કળ ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. ચૂનાને ઑક્સિજન અને હાઈડ્રોજનની જ્યોતમાં ગરમ કરવામાં આવે તો બહુજ ઉજ્જ્વલ પ્રકાશ આપે . છે અને એ પ્રકાશને લાઇમ–લાઇટ (lime–light) કહેવામાં આવે છે. ચૂનાનાં નિતર્યાં પાણીને લાઈમ વૉટર (lime water) કહેવામાં આવે છે, કારણ કે એમાં કેલ્સિયમ ઑક્સાઈડ થોડા પ્રમાણમાં ઓગળેલા હોય છે. ચૂનાનો ભીંજવલો ભૂકો પાન ખાવામાં વપરાય છે. આથી હાડકામાં કેલ્સિયમ તત્ત્વ ઘણા પ્રમાણમાં હોય છે, તેને પોષણ મળે છે. પાણીમાં ભીંજવેલા ચૂનાને ભીનો ચૂનો સ્લેઈક્ડ (slaked lime) કહેવામાં આવે છે. ચૂનાનું પાણી કેલ્સિયમ હાઈડ્રોકસાઈડ [$Ca(OH)_2$] છે અને એમાં રાતું લિટમસ ભૂરું થાય છે. આ પાણીમાં ફૂંક મારી અથવા બીજી રીતે કાર્બન ડાયૉકસાઈડ વાયુ દાખલ કરવામાં આવે તો કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ ઉત્પન્ન થાય છે અને એ ક્ષાર અદ્રાવ્ય હોવાથી નિતર્યું પાણી દૂધિયા રંગનું બને છે.



કેલ્સિયમ હાઈડ્રોકસાઈડ + કાર્બન ડાયૉકસાઈડ = કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ + પાણી

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

ચૂનાને પાણીમાં ભીંજવી દિવાલને રંગવામાં વાપરવામાં આવે છે. કેટલીક માટીનો, ચૂનાને રેતી અને પાણીની સાથે ભેળને, ઈંટવાળાં ઘર બાંધવાના કોલ (mortar) બનાવવામાં ઉપયોગ થાય છે.

કેલ્સિયમ ઑકસાઈડમાં ક્લોરિન વાયુ પસાર કરીને બ્લીચિંગ પાઉડર બનાવવામાં આવે છે તે આગળ જોયું છે. એક જાતનો ચૂનાનો પથ્થર (lime stone) અને માટીને બાળવાથી સિમેંટ (cement) ઉત્પન્ન થાય છે. આ ભૂકાને ભેજ વિનાનો રાખવાથી જેમનો તેમ રહે છે, પરંતુ પાણીમાં ભેળી સુકાવા દેવાથી

એ સજ્જડ બની ઘન સ્વરૂપ પકડે છે. ઘણુંખરું પાણીમાં ભીંજ-વાથી કેલ્સિયમ અને સિલીકનના મિશ્રણરૂપ કેલ્સિયમ સિલીકેટ બનવાથીજ સિમેંટ નક્કર બને છે.

૨૧. કેલ્સિયમના બીજા ક્ષારો. કેલ્સિયમ ઑક્સાઈડને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે ભેળવામાં આવે તેા તેમાંથી કેલ્સિયમ સલ્ફેટ ($CaSO_4$) નામનેા ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે. જમીનમાંથી કુદરતી મળતા આ ક્ષારને જીપ્સમ સોલ્ટ (gypsum salt) કહેવામાં આવે છે. એમાં કેલાસીભવનનું પાણી હોય છે તેને ગરમ કરી ઊડાડી દેવામાં આવે છે, એટલે આ ક્ષારનેા ભૂકો થઈ જાય છે. એ ભૂકાને પ્લાસ્ટર ઑફ પેરીસ કહેવામાં આવે છે. આ પાઉડરને પાણીમાં ભેળી થેાડી વાર રહેવા દઈએ એટલે અતિ કઠણ પથ્થરના જેવેા બંધાઈ જાય છે. આથી એનેા ઉપયેાગ પ્લાસ્ટરના નમૂના બનાવવામાં થાય છે.

કેલ્સિયમ ક્લેારાઈડ નામનેા ક્ષાર સમુદ્રનાં પાણીમાં હેાય છે. કેલ્સિયમ ઑક્સાઈડ અને હાઈડ્રોક્લેારિક ઍસિડનાં સંયેાજન થવાથી કેલ્સિયમ ક્લેારાઈડ ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્ષાર ભેજગ્રાહક (hygroscopic) હેાવાથી હવાને અથવા વાયુને (ભેજમુક્ત) કરવામાં વાપરવામાં આવે છે.

કેલ્સિયમ ફૉસ્ફેટ $Ca_3(P_2O_5)_2$ ક્ષાર કુદરતમાં ઘણા પ્રમાણમાં મળી આવે છે. હાડકાંનાં બંધારણમાં આ ક્ષાર મુખ્ય છે. આ ક્ષાર ખાતર તરીકે ઉપયેાગમાં લેવાય છે. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ હાડકાં ઉપર રેડવાથી ફૉસ્ફેારિક ઍસિડ ઉત્પન્ન થાય છે. એમાંથી જ ફૉસ્ફરસ પણ બનાવવામાં આવે છે.

કેલ્સિયમ કાર્બાઈડ નામનેા બીજો એક ક્ષાર, વિદ્યુત ભઠ્ઠીમાં ચાક કે ચૂનાના ટુકડાને કાર્બન સાથે તપાવવામાં આવે તેા ઉત્પન્ન

થાય છે. આ ક્ષારની વાસ બહુ ખરાબ આવે છે; એના ઉપર પાણી રેડવામાં આવે તો એસિટિલિન નામનો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે અને એ વાયુને કોલગેસની પેઠે સળગાવી શકાય છે, અને પુષ્કળ તેજ આપે છે.

કેલ્સિયમ કાર્બાઇડ + પાણી = કેલ્સિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડ + એસિટિલિન વાયુ

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

કેલ્સિયમ કાર્બાઈડના ગાંગડા બજારમાં વેચાતા મળે છે, અને જ્યાં વિજળી કે ગેસ મળતો ન હોય ત્યાં આ ગેસના દીવા મેજિક લેન્ટર્નમાં, બાઈસિકલમાં અથવા મોટરકારમાં વપરાય છે.

૨૨. કોલ (Mortar). ચૂનો, રેતી અને પાણી અમુક પ્રમાણમાં ભેળવાથી તેનો કોલ બને છે. ચણતરકામ કરવામાં ઇંટોને જોડવામાં તેનો ઉપયોગ થાય છે. એ મિશ્રણમાંથી પાણી ઊડી જાય છે, એટલે તે કઠિણ બની જાય છે અને ઈંટોને મજબૂત રીતે સાંધી દે છે. ચૂનો હવામાંથી કાર્બન ડાયોક્સાઈડને ખેંચે છે, અને તેનો કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ બને છે; તેમજ ચૂનો, રેતી જોડે ધીમે-ધીમે સંયોજિત થવાથી કેલ્સિયમ સિલિકેટ બને છે. એકલો ચૂનો વાપરવામાં આવે તો તે સૂકાઈ જાય ત્યારે તેમાં તડ પડે છે. રેતી ઉમેરવાથી મિશ્રણ છિદ્રાળુ બને છે અને તેમાં તડ પડતી નથી અને તેમાં જોઈતા પ્રમાણમાં કાર્બન ડાયોક્સાઈડ વાયુ પસાર થઈને બધે પહોંચે છે.

૨૩. પ્લાસ્ટર ઑફ પૅરિસ (Plaster of Paris). કેલ્સિયમ સલ્ફેટ ($CaSO_4$, $2H_2O$) જીપ્સમને ૧૨૦° સે. સુધી ગરમ કરીએ તો તેમાંથી થોડું કેલાસીભવનનું પાણી (સ્ફટિ–જળ) ઊડી જાય છે અને માત્ર સફેદ ભૂકો રહી જાય છે. એને પ્લાસ્ટર ઑફ પેરિસ કહેવામાં આવે છે. આ ભૂકાને ભેજ વગરના સ્થળે બંધ ડબ્બામાં રાખવામાં આવે છે. એમાં એના કે વજન જેટલું

પાણી નાંખવામાં આવે તો તે થોડીવારમાં બહુ કઠિન ઘન પદાર્થ બની જાય છે. એનો ઉપયોગ પૂતળાંના આકાર તેમજ બીબાં બનાવવામાં થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) લોખંડ કેટલા સ્વરૂપમાં મળે છે ? એ દરેકના ઉપયોગ અને વિશિષ્ટતા સમજાવો. લોખંડના ત્રણ પ્રકારની સરખામણી કરો.

(૨) લોખંડ ઉપર હવાની શી અસર થાય છે ? એ અસરને અટકાવવામાં શું કરવામાં આવે છે ?

(૩) તાંબાના ગુણધર્મો અને ઉપયોગ વર્ણવો.

(૪) તાંબાને કશનળી (test tube) માં ગરમ કરીએ તો શું પરિણામ આવે ? તાંબાનો સલ્ફેટ બ્લુ (વિટ્રિયલ) ને ગરમ કરવાથી શું પરિણામ આવે છે ? એનો ઉપયોગ શો ?

(૫) તાંબાની કયી કયી મિશ્ર ધાતુઓ બને છે ?

(૬) એલ્યુમિનિયમ કેવાં સ્વરૂપમાં મળી આવે છે ? એલ્યુમિનિયમ ધાતુ કેમ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે ? એલ્યુમિનિયમના ઉપયોગ શા ?

(૭) ફટકડી (alum) ના સ્વરૂપ અને ઉપયોગ વિષે ટૂંક નોંધ લખો.

(૮) માટી, ઈંટ, કૉલ, સિમેન્ટ અને પ્લાસ્ટર ઑફ પૅરિસ ઉપર ટૂંક નોંધ લખો.

(૯) મેગ્નેઝિયમ ધાતુ કેવા સ્વરૂપમાં મળી આવે છે ? એને બાળવાથી શું થાય છે ? મેગ્નેઝિયમના ઉપયોગ વર્ણવો.

(૧૦) પારો કયાં સંયોજનમાંથી મળે છે ? પારાના ઉપયોગ વર્ણવો.

(૧૧) પારાના હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથેક્યાં સંયોજન બને છે ? બન્નેના ગુણધર્મોનું વર્ણન કરો.

(૧૨) કેલ્સિયમના કાર્બોનેટમાંથી કળીચૂનો કેમ પેદા કરાય છે ? એ બન્નેના ઉપયોગો વર્ણવો.

(૧૩) ક્વીક લાઈમ (quick lime), સ્લેઈક્ડ લાઈમ (slaked lime) કોને કહે છે ? ચૂનામાં પાણી રેડીએ તો શું પરિણામ આવે છે ?

(૧૪) કેલ્સિયમ ફૉસ્ફેટ, અને કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ કેમ મળે છે અને એના ઉપયોગ દર્શાવો.

(૧૫) ઍસિટિલીન વાયુ કેમ મેળવશો ? એ વાયુનો ઉપયોગ વર્ણવો.

પડતા રંગના સ્ફટિક બને છે. એ પાણીમાં દ્રાવ્ય હોય છે. એનું જાંબુડી રંગનું દ્રાવણ બને છે. એ ઑક્સિડાઈઝિંગ પદાર્થ છે; અને તેથી જંતુનાશક (germicide) તરીકે ઘણો ઉપયોગ થાય છે. કૂવા કે તળાવનાં પાણી ખરાબ થયાં હોય, તો એ ક્ષાર નાંખી શુદ્ધ કરવામાં આવે છે. ૨૪૦° સે. ટેમ્પરેચરે ગરમ કરવાથી એનું વિઘટન થાય છે અને તેમાંથી ઑક્સિજન છૂટો પડે છે અને શેષમાં કાળો ભૂકો રહે છે. ચેપનો નાશ કરવા માટે તેમજ જંતુઓને મારવા માટે એનાં દ્રાવણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. દાંત બગડ્યા હોય તો તેના કોગળા કરવા ફાયદાકારક છે.

(૩) પોટાશિયમ ક્લોરાઈડ (potassium cloride, KCl):– આ ક્ષાર કુદરતી સ્વરૂપમાં સમુદ્ર અને ખાસ કરીને સ્ટાઈફ્ટના જમીનના પડમાંથી મળી આવે છે. એનો ઉપયોગ બનાવટી ખાતર માટે થાય છે. આ ક્ષાર મીઠાના જેવો જ છે અને આ ક્ષારનાં દ્રાવણમાંથી પોટાસિયમ ધાતુ વિદ્યુત પૃથક્કરણ (electrolysis) કરી મેળવવમાં આવે છે.

(૪) પોટાસિયમ ક્લોરેટ (potassium chlorate, $KClO_3$):—પોટાસિયમના આ ક્ષારને ગરમ કરવાથી તેનું વિઘટન થઈ તેમાંથી ઑક્સિજન છૂટો પડે છે. ($2\,KClO_3 = 2\,KCl + 3O_2$). તેનો ઉપયોગ દારૂખાનું બનાવવામાં થાય છે, દીવાસળી બનાવવામાં પણ એ વપરાય છે.

(૫) સ્ટાર્ચ (starch):–સ્ટાર્ચ ખોરાકનું મહત્વનું અંગ છે. એ ઉદ્ભિજ (organic) સંયોજન છે. વનસ્પતિનાં પાંદડાં અને મૂળમાં ખાસ કરીને રહેલો છે. બટાટા, ચોખા, એરોરૂટ વગેરેનું સ્ટાર્ચ મુખ્ય અંગ છે. સ્ટાર્ચ શિથિલ (neutral) પદાર્થ છે. એ સ્ફટિક રૂપ નથી પરંતુ નાના કોષો (cells) નો બનેલો હોય

છે. ઠંડા પાણીમાં સ્ટાર્ચ ઓગળતો નથી પરંતુ ગરમ પાણીમાં એના કોષો ફાટી જઈને ઓગળે છે. આ દ્રાવણ ઠંડું પાડીએ ત્યારે ઘટ્ટ લેપ (paste) જેવું બને છે એને કપડાને કડક બનાવવા માટે ઉપયોગ થાય છે.

સ્ટાર્ચ ($C_6H_{10}O_5$) કાર્બન, હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનનો બનેલો પદાર્થ છે. એના ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખીએ તો તરત જ બળી જાય છે, અને હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન છૂટા પડીને માત્ર કોલસો નીચે રહી જાય છે. કોઈ દ્રાવણમાં સ્ટાર્ચ હોય તો તેમાં આયોડિનથી ભીંજવેલું કાગળ દાખલ કરવાથી ભૂરૂં થઈ જાય છે. એ ભૂરો રંગ ગરમ કરવાથી ઊડી જાય છે, પરંતુ કાગળ ઠંડો પડતાં પાછો દેખાય છે.

(૬) ખાંડ (sugar):—ખાંડ શેરડીના રસમાંથી, બીટ-રૂટમાંથી, મધમાંથી અને ફળમાંથી તૈયાર કરવામાં આવે છે. ખાંડ અનેક જાતની હોય છે. શેરડીની ખાંડ અને ફળોમાંથી મળતી ખાંડ જુદી હોય છે. એ પણ કાર્બન, હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનની બનેલી છે. એટલે ઍસિડ રેડવાથી હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન દૂર થવાથી ખાંડનો કોલસો બની જાય છે. જુદીજુદી ખાંડમાં ત્રણે તત્ત્વોનું પ્રમાણ પણ વત્તુંઓછું હોય છે અને તેથી તેમની મીઠાશમાં પણ ફેર પડે છે. ખાંડના નાના-મોટા ઘન આકારના કેલાસો હોય છે.

(૭) આલ્કોહોલ (alcohol):—આલ્કોહોલ રંગ વિનાનું, અક્રિય અને ઊડી જાય એવું (volatile) અને ઉદ્ભિજ (organic) પ્રવાહી છે. એ પણ કાર્બન, હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનનાં (C_2H_6O) સંયોજનનો બનેલો પદાર્થ છે. એ ઝટ સળગી ઊઠે છે.

દ્રાક્ષ અને મહુડાં જેવાં ફળો જેમાં ગ્લુકોઝ નામનો પદાર્થ હોય છે એનું ફર્મેન્ટેશન (fermentation) થવાથી આલ્કોહોલ બને છે. લાંબો વખત રાખી મૂકવાથી યીસ્ટ (yeast) જેવા સૂક્ષ્મ ઉદ્‌ભિજ કણો (organisms) ને લીધે જ ફર્મેન્ટેશન થાય છે. સ્ટાર્ચમાંથી અને ગોળની છારીમાંથી પણ આલ્કોહોલ મેળવી શકાય છે. મોટા પાયા ઉપર સ્ટાર્ચમાંથી અને ખાંડ બનાવવામાં ઉત્પન્ન થતા મળ (છારી) માંથી આલ્કોહોલ તૈયાર કરવામાં આવે છે.

આલ્કોહોલના અનેક જાતનાં માદક પીણાં બને છે. ચોખ્ખો આલ્કોહોલ બહુ જલદ હોવાથી વત્તાંઓછાં પ્રમાણમાં પાણીની સાથે ભેળ કર્યા પછી જ પીવામાં ઉપયોગ થાય છે. અંતરદહન (internal combustion) યંત્રોમાં પેટ્રોલની જગ્યાએ આલ્કોહોલ વાપરી શકાય છે, અને હાલમાં ઘણા દેશોમાં પેટ્રોલની સાથે અમુક પ્રમાણમાં આલ્કોહોલ ભેળવામાં આવે છે. એ ઘણો જ ઉપયોગી દ્રાવક (solvent) છે. કેટલીક દવાઓ પાણીમાં ઓગળતી ન હોય તે આલ્કોહોલમાં ઓગળતી હોવાથી દવાનાં દ્રાવણો ટિંકચર્સ (tinctures) બનાવવામાં બહુ જ બહોળો ઉપયોગ થાય છે. ઘણાખરા રંગો, ગૂંદરો, લાખ વગેરેને હલકા પ્રકારના સ્પિરિટમાં ઓગળવામાં આવે છે. આલ્કોહોલ – ૩૬૦° સે. સુધી ઘન થતો નથી; અને ૭૮° સે. એ ઊકળે છે; એટલે તેનો ઉપયોગ શૂન્ય ડીગ્રીથી ઓછાં ટેમ્પરેચર માપવામાં અને લઘુતમ (minimum) થર્મોમિટર બનાવવામાં થાય છે. કેટલાક ઉદ્‌ભિજ પદાર્થો બનાવવામાં પણ એ બહુ ઉપયોગી છે.

(૮) આયોડિન (iodine):—આયોડિન તત્ત્વ ક્લોરિનનાં જેવું છે અને સાધારણ ટેમ્પરેચરે ઘનરૂપે હોય છે. એને ગરમ કરતાં સબ્લિમેશન (sublimation) થાય છે. આયોડિન પાણીમાં

ઓગળતું નથી, પરંતુ આલ્કોહોલમાં ઓગળે છે. એ દ્રાવણને ટિન્કચર ઑફ આયોડિન કહેવામાં આવે છે, અને ઘા પડ્યો હોય તેના ઉપર લગાડવાથી ઘા જલદી રૂઝે છે અને પાકતો નથી.

આયોડિનનું પોટાસિયમ સાથે સંયોગ થવાથી પોટાસિયમ આયોડાઈડ ક્ષાર (KI) બને છે અને એનો પણ દવામાં ખૂબ ઉપયોગ થાય છે. આ ક્ષારનાં પાણીનાં દ્રાવણમાં આયોડિન ઝટ ઓગળે છે.

(૯) ઉદ્‌ભિજ ઍસિડો (organic acids) :—

દરેક ઉદ્‌ભિજ ઍસિડો કાર્બન, હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજનનાં વત્તાંઓછાં પ્રમાણમાં સંયોજનથી ઉત્પન્ન થાય છે.

(अ) ઍસિટિક ઍસિડ (acetic acid) :—લીલાં લાકડાંને લોખંડના બંધ વાસણ (retort) માં ગરમ કરી ડિસ્ટીલ (distill) કરવાથી જે પ્રવાહી મળે છે તેમાં ઍસિટિક ઍસિડ મૂખ્યત્વે મળેલો હોય છે. પ્રયોગશાળામાં સોડિયમ ઍસિટેટ નામના ગરમ કરેલાં ભેજવિમુક્ત ક્ષારને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે તપાવવાથી મળી આવે છે.

ઍસિટિક ઍસિડ ઘણો મંદ ઍસિડ છે, પરંતુ ઍસિડના દરેક ગુણ ધરાવે છે અને બેઇઝ સાથે સંયોજન થતાં ઍસિટેટ્સ (acetates) ઉત્પન્ન કરે છે.

(ब) ટાર્ટારિક ઍસિડ (tartaric acid) :—દારૂને ઘણો લાંબો લખત રાખી મૂકવાથી આર્ગોલ (argol) નામનો એક પદાર્થ ઠરી જાય છે, તેમાંથી આ ઍસિડ પેદા કરવામાં આવે છે. એ સ્ફટિકરૂપી ઘન પદાર્થ છે અને પાણીમાં દ્રાવ્ય છે, અને દ્રાવણ ઍસિડના પ્રત્યેક ગુણ ધરાવે છે. સોડિયમ બાઈકાર્બોનેટ

સાથે ભેળવાથી રાંધવાનો પાઉડર (baking powder) અને ઊભરો આવતાં (effervescent) પીણાં (જે ફ્રુટ સોલ્ટ અને સિડ્લીટ્સ પાઉડર નામે ઓળખાય છે) તૈયાર કરવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે.

(क) સાઈટ્રિક ઍસિડ (citric acid):—સાઈટ્રોન, નારંગી અને લીંબુમાં આ ઍસિડ સાઈટ્રૅન જેવા ક્ષાર રૂપે રહેલો હોય છે. એ પણ ટાર્ટારિક ઍસિડના જેવો સ્ફટિક ઘન (crystalline solid) છે. એનો ઉપયોગ લેમન ડ્રીંક અથવા લેમોનેડ પાવડર બનાવવામાં થાય છે.

પ્રશ્નો

(૧) નીચેના પદાર્થોના ઉપયોગ દર્શાવો : બોરેક્ષ, પોટાશિયમ પરમેન્ગેનેટ, પોટાશિયમ ક્લોરાઈડ, સિલ્વર ક્લોરાઈડ, સિલ્વર બ્રોમાઈડ, સ્ટાર્ચ, આયોડિન અને સિલ્વર આયોડાઈડ. દરેક પદાર્થમાં ક્યાં તત્ત્વો ભાગ લે છે એ પણ દર્શાવો.

(૨) આલ્કોહોલ શેમાંથી મળે છે ? એના ઉપયોગ વર્ણવો.

(૩) ત્રણ ઉદ્ભિજ ઍસિડનાં નામ આપો અને દરેકના ઉપયોગ વર્ણવો.

પરિશિષ્ટ અ

અંગ્રેજીમાં અને લેટિનમાં	તત્ત્વનું નામ ગુજરાતીમાં	સંજ્ઞા Symbol	પરમાણુ ભારાંક
Aluminium	એલ્યુમિનિયમ	Al	26·97
Calcium	કેલ્સિયમ	Ca	40·08
Carbon	કાર્બન (કોલસો)	C	12·00
Chlorine	ક્લોરિન	Cl	35·45
Copper (Cuprum)	કૉપર (તાંબુ)	Cu	63·57
Hydrogen	હાઇડ્રોજન	H	1·008
Iodine	આયોડિન	I	126·92
Iron (Ferrum)	આયર્ન (લોખંડ)	Fe	55·84
Lead (Plumbum)	લેડ (સીસું)	Pb	207·22
Magnesium	મેગ્નેશિયમ	Mg	24·32
Manganese	મેંગેનિઝ	Mn	54·93
Mercury (Hydragyrum)	મર્ક્યુરિ (પારો)	Hg	200·61
Nitrogen	નાઈટ્રોજન	N	14·008
Oxygen	ઑક્સિજન	O	16·00
Phosphorus	ફૉસ્ફરસ	P	31·02
Potassium (Kalium)	પોટાસિયમ	K	39·10
Silicon	સિલિકન	Si	28·06
Silver (Argentum)	સિલ્વર (રૂપું)	Ag	107·88
Sodium (Natrium)	સોડિયમ	Na	22·99
Sulphur	સલ્ફર (ગંધક)	S	32·06
Tin (Stannum)	ટીન (કલાઈ)	Sn	118·70
Zinc	ઝિંક (જસત)	Zn	65·38

ઉપરની પરમાણુ ભારાંક સખ્યા સાધારણ ક્રિયામાં પૂર્ણાંક ગણવામાં વાંધો નથી દા. ત. Calcium=40, Nitrogen=14, Silver=108, Sulphur=32, અને Tin =119

પરિશિષ્ટ ब

કેટલાક સામાન્ય પદાર્થના સત્તામાં નામો

કોપર ઑકસાઈડ,	CuO	સોડિયમ ક્લોરાઈડ,	$NaCl$
આયર્ન ક્લોરાઈડ,		સ'લ્ફર ડાયૉકસાઈડ	SO_2
(ફેરસ ક્લોરાઈડ),	$FeCl_2$	ઍલ્યુમિનિયમ ઑકસાઈડ	Al_2O_3
(ફેરિક ક્લોરાઈડ)	$FeCl_3$	પોટાસિયમ પરમૅંગેનેટ	$KMnO_4$
કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ	$CaCO_3$	સોડિયમ હાઈડ્રેટ અથવા સોડિયમ હાઈડ્રોકસાઈડ	$NaOH$
કેલ્સિયમ સલ્ફેટ	$CaSO_4$		
કોપર સલ્ફેટ (મોરથુથુ)	$CuSO_4$	પોટાસિયમ હાઈડ્રોકસાઈડ	KOH
હાઈડ્રોકલોરિક ઍસિડ,	HCl		
નાઈટ્રિક ઍસિડ	HNO_3	મૅગ્નેસિયમ „ „	$Mg(OH)_2$
સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ	H_2SO_4	Lime water ચૂનાનુ પાણી	$Ca(OH)_2$
સોડિયમ કાર્બોનેટ	Na_2CO_3	કેલ્સિયમ „ „	
સોડિયમ સલ્ફેટ	Na_2SO_4	પોટાસિયમ ક્લોરેટ	$KClO_3$
ઝીંક સલ્ફેટ	$ZnSO_4$	પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ	KNO_3
સિલ્વર નાઈટ્રેટ	$AgNO_3$	ઍમોનિયમ હાઈડ્રોકસાઈડ	NH_4OH
સિલ્વર ક્લોરાઈડ	$AgCl$	ઍમોનિયા વાયુ	NH_3

પરિશિષ્ટ क

ઍસિડોને પારખવાની રીત

ધારો કે સ'લ્ફ્યુરિક, નાઈટ્રિક અને હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડના મદ દ્રાવણો આપ્યાં છે. (૧) દરેકનાં થોડાં દ્રાવણને જુદીજુદી કશનળીમાં લઈને ત્રણેમા સિલ્વર નાઈટ્રેટનુ મદ દ્રાવણ નાખો સલ્ફ્યુરિક અને નાઈટ્રિક ઍસિડમા કંઈ ફેરફાર થતો નથી, પરંતુ હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડમાં સિલ્વર ક્લોરાઈડનું ભેળ ઉત્પન્ન થશે. ($AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$). (૨) હવે બાકી બે ઍસિડનાં દ્રાવણ રહ્યાં તેમાં બેરિયમ નાઈટ્રેટ (Barium nitrate)નુ દ્રાવણ રેડો. સ'લ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં બેરિયમ સલ્ફેટનો ભેળ માલૂમ પડી આવશે [$H_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaSO_4 + 2HNO_3$]. બાકી રહ્યો તે નાઈટ્રિક ઍસિડ છે

પરિશિષ્ટ ख

કેટલાક સામાન્ય પદાર્થના સંજ્ઞામાં નામો

કૉપર ઑકસાઇડ,	CuO	સોડિયમ ક્લોરાઇડ,	$NaCl$
આયર્ન ક્લોરાઇડ,		સલ્ફર ડાયૉકસાઇડ	SO_2
(ફેરસ ક્લોરાઇડ),	$FeCl_2$	ઍલ્યુમિનિયમ ઑકસાઇડ	Al_2O_3
(ફેરિક ક્લોરાઇડ)	$FeCl_3$	પોટાસિયમ પરમૅંગેનેટ	$KMnO_4$
કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ	$CaCO_3$	સોડિયમ હાઈડ્રેટ અથવા સોડિઅમ હાઈડ્રોકસાઇડ	$NaOH$
કૅલ્સિયમ સલ્ફેટ	$CaSO_4$		
કૉપર સલ્ફેટ (મોરથુથુ)	$CuSO_4$	પોટાસિયમ હાઈડ્રોકસાઇડ	KOH
હાઈડ્રોકલોરિક ઍસિડ,	HCl		
નાઈટ્રિક ઍસિડ	HNO_3	મૅગ્નેસિયમ ,, ,,	$Mg(OH)_2$
સલ્ફયુરિક ઍસિડ	H_2SO_4	Lime water ચૂનાનું પાણી	$Ca(OH)_2$
સોડિયમ કાર્બોનેટ	Na_2CO_3	કૅસિયમ ,, ,,	
સોડિયમ સલ્ફેટ	Na_2SO_4	પોટાસિયમ કલોરેટ	$KClO_3$
ઝીંક સલ્ફેટ	$ZnSO_4$	પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ	KNO_3
સિલ્વર નાઈટ્રેટ	$AgNO_3$	ઍમોનિયમ હાઈડ્રોકસાઇડ	NH_4OH
સિલ્વર કલોરાઇડ	$AgCl$	ઍમોનિયા વાયુ	NH_3

પરિશિષ્ટ क

ઍસિડોને પારખવાની રીત

ધારો કે સલ્ફયુરિક, નાઈટ્રિક અને હાઈડ્રોકલોરિક ઍસિડનાં મંદ દ્રાવણો આપ્યાં છે. (૧) દરેકનાં થોડાં દ્રાવણને જુદીજુદી કશનળીમાં લઈ ને ત્રણેમાં સિલ્વર નાઈટ્રેટનું મંદ દ્રાવણ નાંખો. સલ્ફયુરિક અને નાઈટ્રિક ઍસિડમાં કંઈ ફેરફાર થતો નથી; પરંતુ હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડમાં સિલ્વર કલોરાઇડનું ભેળ ઉત્પન્ન થશે. ($AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$). (૨) હવે બાકી બે ઍસિડનાં દ્રાવણ રહ્યાં તેમાં બેરિયમ નાઈટ્રેટ (Barium nitrate)નું દ્રાવણ રેડો. સલ્ફયુરિક ઍસિડમાં બેરિયમ સલ્ફેટનો ભેળ માલૂમ પડી આવશે. [$H_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaSO_4 + 2HNO_3$]. બાકી રહ્યો તે નાઈટ્રિક ઍસિડ છે.

પરિશિષ્ટ અ

તત્ત્વનું નામ અંગ્રેજીમાં અને લેટિનમાં	તત્ત્વનું નામ ગુજરાતીમાં	સંજ્ઞા Symbol	પરમાણુ ભારાંક
Aluminium	એલ્યુમિનિયમ	Al	26·97
Calcium	કેલ્સિયમ	Ca	40·08
Carbon	કાર્બન (કોલસો)	C	12·00
Chlorine	ક્લોરિન	Cl	35·45
Copper (Cuprum)	કોપર (તાંબુ)	Cu	63·57
Hydrogen	હાઇડ્રોજન	H	1·008
Iodine	આયોડિન	I	126·92
Iron (Ferrum)	આયર્ન (લોખંડ)	Fe	55·84
Lead (Plumbum)	લેડ (સીસું)	Pb	207·22
Magnesium	મેગ્નેઝિયમ	Mg	24·32
Manganese	મેંગેનિઝ	Mn	54·93
Mercury (Hydragyrum)	મર્ક્યુરિ (પારો)	Hg	200·61
Nitrogen	નાઈટ્રોજન	N	14·008
Oxygen	ઑક્સિજન	O	16·00
Phosphorus	ફૉસ્ફરસ	P	31·02
Potassium (Kalium)	પોટાસિયમ	K	39·10
Silicon	સિલિકન	Si	28·06
Silver (Argentum)	સિલ્વર (રૂપું)	Ag	107·88
Sodium (Natrium)	સોડિયમ	Na	22·99
Sulphur	સલ્ફર (ગંધક)	S	32·06
Tin (Stannum)	ટીન (કલાઈ)	Sn	118·70
Zinc	ઝિંક (જસત)	Zn	65·38

ઉપરની પરમાણુ ભારાંક સંખ્યા સાધારણ ક્રિયામાં પૂર્ણાંક ગણવામાં વાંધો નથી દા. ત. Calcium=40, Nitrogen=14, Silver=108, Sulphur=32, અને Tin =119

પરિશિષ્ટ ब

કેટલાક સામાન્ય પદાર્થના સંજ્ઞામાં નામો

કૉપર ઑક્સાઇડ,	CuO	સોડિયમ ક્લોરાઇડ,	$NaCl$
આયર્ન ક્લોરાઇડ,		સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ	SO_2
(ફેરસ ક્લોરાઇડ),	$FeCl_2$	ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડ	Al_2O_3
(ફેરિક ક્લોરાઇડ)	$FeCl_3$	પોટાસિયમ પરમેંગેનેટ	$KMnO_4$
કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ	$CaCO_3$	સોડિયમ હાઈડ્રેટ અથવા સોડિઅમ હાઈડ્રોક્સાઇડ	$NaOH$
કેલ્સિયમ સલ્ફેટ	$CaSO_4$		
કૉપર સલ્ફેટ (મોરથુથુ)	$CuSO_4$	પોટાસિયમ હાઈડ્રોક્સાઇડ	KOH
હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ,	HCl		
નાઈટ્રિક ઍસિડ	HNO_3	મેગ્નેસિયમ ,, ,,	$Mg(OH)_2$
સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ	H_2SO_4	Lime water ચૂનાનું પાણી	$Ca(OH)_2$
સોડિયમ કાર્બોનેટ	Na_2CO_3	કેલ્સિયમ ,, ,,	
સોડિયમ સલ્ફેટ	Na_2SO_4	પોટાસિયમ ક્લોરેટ	$KClO_3$
ઝીંક સલ્ફેટ	$ZnSO_4$	પોટાસિયમ નાઈટ્રેટ	KNO_3
સિલ્વર નાઈટ્રેટ	$AgNO_3$	ઍમોનિયમ હાઈડ્રોક્સાઇડ	NH_4OH
સિલ્વર ક્લોરાઇડ	$AgCl$	ઍમોનિયા વાયુ	NH_3

પરિશિષ્ટ क

ઍસિડોને પારખવાની રીત

ધારો કે સલ્ફ્યુરિક, નાઈટ્રિક અને હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડનાં મંદ દ્રાવણો આપ્યાં છે. (૧) દરેકનાં થોડાં દ્રાવણને જુદીજુદી કશનળીમાં લઈને ત્રણેમાં સિલ્વર નાઈટ્રેટનું મંદ દ્રાવણ નાંખો. સલ્ફ્યુરિક અને નાઈટ્રિક ઍસિડમાં કંઈ ફેરફાર થતો નથી; પરંતુ હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડમાં સિલ્વર ક્લોરાઇડનું ભેળ ઉત્પન્ન થશે. ($AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$). (૨) હવે બાકી બે ઍસિડનાં દ્રાવણ રહ્યાં તેમાં બેરિયમ નાઈટ્રેટ (Barium nitrate)નું દ્રાવણ રેડો. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં બેરિયમ સલ્ફેટનો ભેળ માલૂમ પડી આવશે. [$H_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 = BaSO_4 + 2HNO_3$]. બાકી રહ્યો તે નાઈટ્રિક ઍસિડ છે.

પરિશિષ્ટ ૬

જુદાજુદા વાયુઓને પારખવાની રીત

(૧) ઑક્સિજન, (૨) હાઈડ્રોજન, (૩) કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ, (૪) ક્લોરિન, (૫) હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડ, (૬) નાઈટ્રોજન, (૭) એમોનિયા, (૮) સલ્ફર ડાયોક્સાઈડ, (૯) હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડ.

(૧) લેડ એસિટેટથી ભીંજવેલું કાગળ માત્ર હાઈડ્રોજન સલ્ફાઈડમાં કાળું પડશે. રંગ વગરનો, ભૂરાં લિટમસને રાતું બનાવતો, સડેલાં ઈંડાંને જેવી વાસવાળો વાયુ.

(૨) ક્લોરિન વાયુ તેના પીળાશ પડતાં રંગથી અને ભીના રંગીન ફૂલોનો રં દૂર કરે એ ગુણથી માલૂમ પડશે.

(૩) સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ તેની ગંધક બળવાની ખાસ વાસ આવે તેથી અને ભીના ફૂલનો રંગ દૂર કરે છે તેથી માલૂમ પડશે.

(૪) એમોનિયા વાયુ તેની તિવ્ર વાસથી માલૂમ પડશે, એમાં હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડથી ભીંજવેલો સળિયો દાખલ કરીએ તો સફેદ ધૂમાડો નીકળશે. રાતું લિટમસ ભૂરું બનશે.

(૫) હાઈડ્રોક્લોરિક એસિડ ગૅસની ઘણી દાહક વાસ હોય છે, એમાં એમોનિયમ હાઈડ્રોક્સાઈડથી ભીંજવેલો સળિયો દાખલ કરીએ તો સફેદ ધૂમાડો નીકળે છે. એમાં ભૂરું લિટમસ રાતું બને છે.

(૬) હવે બાકી રહેલા ગૅસમાં ચૂનાનું નિર્મળ પાણી નાંખો. જેમાં પાણી દૂધિયા રંગનું થાય તે કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ, એમાં બળતી મીણબત્તી બુઝાઈ જાય છે. ભૂરું લિટમસ રાતું બનશે.

(૭) બાકી રહેલા વાયુમાં લાકડાંના અંગારાવાળો છેડો દાખલ કરો. જેમ એ ભડકો લઈ બળે છે તે ઑક્સિજન છે.

(૮) હાઈડ્રોજન વાયુ બરણીના મોં આગળ બળશે, અંદર મીણબત્ત નાંખીએ તો બુઝાઈ જાય છે.

(૯) બાકી રહ્યો તે નાઈટ્રોજન, એમાં કોઈપણ જાતની ક્રિયા માલૂ પડતી નથી.

પરિશિષ્ટ ક

ધાતુના ઑક્સાઈડોના ગુણધર્મો

	તત્ત્વનું નામ	બળવાનો પ્રકાર	ઑક્સિડેશનનું પરિણામ	સમીકરણ	પાણી અને લિટમસની અસર
અધાતુઓ	કાર્બન	પ્રકાશિત તણખા	રંગ અને ગંધ વિનાનો કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ વાયુ	$C + O_2 = CO_2$	દ્રાવ્ય ભૂરૂ લિટમસ રાતું થાય છે.
	ગંધક	ભૂરી પ્રકાશિત જ્યોત	બળતા ગંધકની વાસવાળો સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ	$S + O_2 = SO_3$	,, ,, ,, ,,
	ફૉસ્ફરસ	પ્રકાશિત, સફેદ જ્યોત	પરતુ સફેદ ધુમાડો જેવો, ઘન ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઈડ	$2P + 5O_2 = 2P_2O_5$	,, ,, ,, ,,
ધાતુઓ	સોડિયમ	પીળી જ્યોત	સફેદ ભૂકો–સોડિયમ ઑક્સાઈડ	$4Na + O_2 = 2Na_2O$	પાણીમાં દ્રાવ્ય રાતા લિટમસને ભૂરૂ બનાવે છે
	કૅલ્સિયમ	લાલ જ્યોત	સફેદ ભૂકો–કૅલ્સિયમ ઑક્સાઈડ	$2Ca + O_2 = 2CaO$	,, ,, ,, ,,
	મેગ્નેસિયમ	અતિ પ્રકાશિત જ્યોત	સફેદ ભૂકો–મેગ્નેસિયમ ઑક્સાઈડ	$2Mg + O_2 = 2MgO$	થોડો દ્રાવ્ય ,, ,, ,,
	લોખંડ	પ્રકાશિત તણખા	જાંખો ભૂરો, ભૂકો–ચુંબકિય આયર્ન ઑક્સાઈડ	$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$	અદ્રાવ્ય, લિટમસને અસર નથી કરતો ચુંબકિય ગુણ ધરાવે છે

પારિભાષિક શબ્દસૂચી : રસાયણ

Acid તેજાબ
Active જલદ
Allottropic વિવિધરૂપ
Amorphous અસ્ફટિક
Atom પરમાણુ
Atomic weight પરમાણુ ભારાંક
Breaking up વિભાજન
Burning જ્વલન
Catalysis ઉદ્દીપન
Calalytic agent ઉદ્દીપક પદાર્થ
Casting ઢાળ પાડવો
Cast iron ભરતર લોખંડ
Charcoal કોલસો
Coal ખનિજકોલસો.
Cake કોલસી
Combustion દહનક્રિયા
Compound સંયોજન
Conentrated જલદ
Crystal સ્ફટિક, કેલાસ
Crystallisation કેલાસીભવન
,, ,, water of સ્ફટિક જળ
Cylinder નળાકાર પાત્ર
Decantation નિતારણ
Deflagrating spoon પ્રજ્વલન પળી
Dehydrator ભેજહારક
Deliquescent ભેજદ્રાવક
Delivery tube વિમોચન નળી
Dilute મંદ
Disinfectant જંતુનાશક
Displacement સ્થલાંતર ક
Efflorescent નિસ્ત્ર
Element તત્ત્વ
Filtration ગાળણુ
Flame જ્યોત
Flowers of sulphur ફૂલ
Hard water કઠિન પાણી
Hygroscopic ભેજગ્રાહક
Inactive અક્રિય
Molecule અણુ
Multiple ગુણક
Neutral શિથિલ
Organic ઉદ્ભિજ (પ્રાણીજ
Organisms ઉદ્ભિજ કણો
Permanent સ્થાયી
Precipitate ભેળ
Roll sulphur લાકડિયો ગં
Rust કાટ
Saturated સંપૃક્ત
Soft water નરમ પાણી
Solution દ્રાવણ
Soluble દ્રાવ્ય
Solute દ્રાવ
Solvent દ્રાવક
Test tube કશનળી
Temporary અસ્થાયી
Violet જાંબલી
Ultra-violet પાર જાંબલી
Wrought iron ઘડતર લોખ